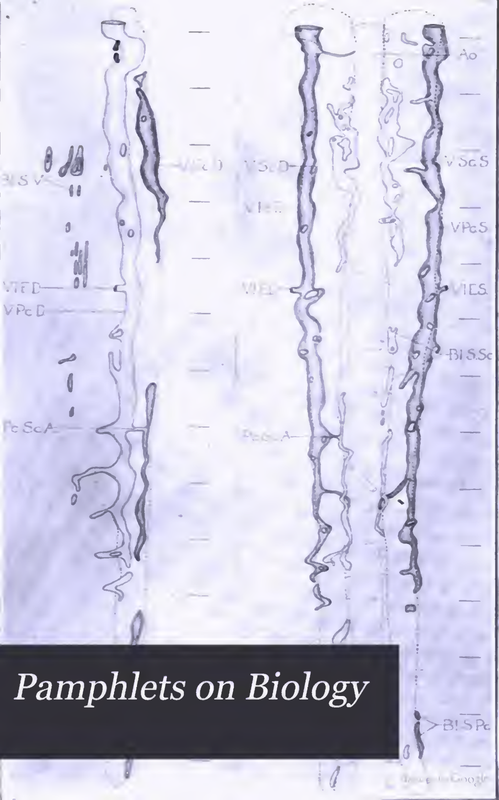


Pamphlets on Biology

Aus dem pathologisch-anatomischen Institute in Wien.
(Vorstand: Hofrat Prof. A. Weichselbaum.)

BEITRAG

ZUR

PATHOLOGISCH-ANATOMISCHEN UNTERSUCHUNG

DER HÄMORRHOIDEN

VON

DR. ANTON R. V. RUEDIGER RYDYGIER (JUN.),
D. Z. VOLONTÄRARZT AM INSTITUTE
UND I. ASSISTENTEN DER LEMBERGER CHIRURGISCHEN KLINIK.

(MIT 10 TAFELN)

Sonderabdruck aus der Deutschen Zeitschrift für Chirurgie. 91. Bd.

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1908

Aus dem pathologisch-anatomischen Institute in Wien.
(Vorstand: Hofrat Prof. A. Weichselbaum.)

BEITRAG

ZUR

PATHOLOGISCH-ANATOMISCHEN UNTERSUCHUNG

DER HÄMORRHOIDEN

VON

DR. ANTON R. V. RUEDIGER RYDYGIER (JUN.),

O. Z. VOLONTÄRARZT AM INSTITUTE
UND I. ASSISTENTEN DER LEMBERGER CHIRURGISCHEN KLINIK.

(MIT 10 TAFELN)

Sonderabdruck aus der Deutschen Zeitschrift für Chirurgie. 91. Bd.

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1908

Wenige Krankheiten sind so allgemein verbreitet und — ich möchte sagen — so populär, wie die Hämorrhoiden. Die Ansicht englischer Ärzte, daß fast ein jeder erwachsene Mensch an Hämorrhoiden leidet, ist unzweifelhaft richtig. Es hängt nur von dem Grade ihrer Entwicklung, oder vielmehr von dem Grade der von ihnen verursachten Beschwerden ab, ob die Patienten unsere Hilfe in Anspruch nehmen, oder ohne Ahnung von dem sich in ihrem Rektum entwickelnden Leiden so lange ruhig damit herumgehen, bis es eben anfängt, Beschwerden hervorzurufen.

Trotz alledem sind nicht alle Fragen über die Entstehungsweise und den feineren Bau der Hämorrhoidalknoten endgültig entschieden, obgleich man so viel darüber geschrieben hat. Seit den ältesten Zeiten haben sich die hervorragendsten Ärzte mit der Lösung dieser Frage beschäftigt. Ich will nur einige Namen anführen, wie Hippokrates, Celsus, Galenus, Virchow, Récamier, Eichhorst, Hüter, Ziegler, Cruveilhier, Lannelongue, Quénu, Billroth, Rydygier (sen.), Rotter u. v. a. Gewiß könnte dieses einem jungen und unerfahrenen Forscher, wie ich, den Mut nehmen, nochmals in dieser Angelegenheit das Wort zu ergreifen. Nichtsdestoweniger habe ich mich, angeregt und auf das ergiebigste unterstützt von meinem derzeitigen Chef, Herrn Hofrat Weichselbaum, an die pathologisch-anatomische Untersuchung der Hämorrhoidalknoten gewagt.

Fangen wir mit einer kurzen Durchsicht der überaus reichen Literatur an.

Gleich eingangs will ich hier erwähnen, daß alle älteren Autoren die Hämorrhoidalknoten als Varicen im unteren Abschnitte des Rektum und um den Anus herum angesehen haben. In neuester Zeit haben sich die Ansichten geteilt: die einen stehen mehr oder weniger auf dem alten Standpunkte und suchen nur die wahre Entstehungsweise dieser „Varicen" zu eruieren, während die anderen eine ganz neue Theorie aufstellen und behaupten, daß wir es hier nicht mit einer Venenerweiterung, sondern mit einer gutartigen Neubildung, einem wirklichen Angiom zu tun haben, wobei sich ganz neue angiomatöse Gefäßschlingen und Hohlräume bilden.

Auch hier können wir auf Hippokrates als den ersten zurückgreifen, welcher sich mit den Hämorrhoiden ganz eingehend und an mehreren Stellen beschäftigt hat — und zwar mit der ihm eigenen Schärfe, obgleich sein Urteil die damals herrschenden irrigen Anschauungen über die „Plethora abdominalis" und die „bösen Säfte" natürlich beeinflussen mußten. Daher sieht er den Grund zur Entstehung der Hämorrhoiden in der verdorbenen Galle, welche in die Rektalvenen eindringt und ihre stärkere Anfüllung und Anschwellung bedingt. Dagegen läßt die Beschreibung der makroskopischen Veränderungen bei den Hämorrhoiden nichts zu wünschen übrig. Er schreibt: „Venae sanguine impletae recti intestini partem inferiorem in tumorem adtollunt"; und weiter, daß die Venen ihre Köpfe in Gestalt von Weinbeeren erheben. Diese Beschreibung Hippokrates galt als klassisch und noch am Ende des 17. Jahrhunderts hat selbst Walaeus nicht viel daran geändert.

Auch die indische Medizin beschäftigt sich eingehend mit den Hämorrhoiden und nennt sie „Arsa" (T. A. Wise. Commentary on the Hindu system of medicine, London 1860, pag. 380).

Galenus erklärt mit noch größerem Nachdruck als Hippokrates, daß die „Atra bilis" bei dieser Krankheit nicht nur ausgeschieden wird, sondern als ihre Ursache angesehen werden muß. Als natürliche Folge solcher Ansichten ist der Glaube, daß die Hämorrhoidalblutungen als etwas Heilsames anzusehen sind, da dadurch die Natur selbst bestrebt ist, die bösen Säfte aus dem Organismus zu entfernen. Vor allen sucht Stahl dieser Ansicht allgemeine Anerkennung zu verschaffen, und von ihm stammt die später allgemein angenommene Bezeichnung „Vena aurea".

Der viel später lebende Schriftsteller Ludwig bezeichnet ebenfalls die Atra bilis als die Ursache der Hämorrhoiden.

Jedenfalls wurde lange Zeit hindurch an der **Hippokratischen** Ansicht, welche **Walaeus** genauer formuliert hat, festgehalten, daß „haemoroides nihil aliud sunt, quam varices venarum ani“. Verschiedene spätere Autoren haben nur eine genauere Beschreibung der einzelnen Symptome gegeben. So z. B. unterscheidet **Aëtius** offene und blinde Hämorrhoiden, **Avicena** äußere und tiefe, **Walaeus** und nach ihm andere äußere und innere. **Avicena** teilt überdies die Hämorrhoiden je nach ihrem äußeren Aussehen in warzige (verrucales), traubige (uveae) und maulbeerartige (morales); außerdem beschreibt er noch die „apertae fluentes“ und die „surdae coecae“.

Cruveilhier u. Ph. **Boyer** unterscheiden äußere, innere und gemischte Hämorrhoiden, je nachdem sie unter der Haut oder der Schleimhaut oder unter der einen und der andern ihren Sitz haben; die inneren werden auch „occultae s. latentes“ genannt. Da jedoch im späteren Verlaufe die inneren Hämorrhoiden namentlich beim Stuhlgang und sonst auch, wenn der Sphincter ani nicht mehr ganz prompt wirkt, vorfallen können, so hat **Virchow** die früheren Bezeichnungen verworfen und benennt die Hämorrhoiden je nach ihrem Sitz als „submuköse“ oder „subkutane“. In der Regel bluten nur die submukösen Hämorrhoiden, die subkutanen dagegen sind blinde — kommen überdies viel seltener vor (nach **Bryant** auf 31 innere nur 19 äußere und 11 gemischte). **Virchow** macht noch darauf aufmerksam, daß wir nicht selten um den After herum Falten und Bürzel (carunculae) finden, die **Monro** für Hämorrhoidalknoten und **Howship** für seröse Hämorrhoiden hielt, und die nichts weiter als gefäßarme Hautduplikaturen sind; sie haben nichts mit den Hämorrhoiden gemein, sind angeboren und an Zahl und Größe bei verschiedenen Individuen verschieden.

Cullin, Chaussier, Récamier und **Gendrin** konnten die Hämorrhoidalknoten nicht von der V. haemorrhoidalis inf. injizieren und behaupteten deshalb, daß dieselben keine Varicen, sondern nur einfache Blutextravasate seien, zumal es ihnen gelungen sein soll, von den Arterien her die Hämorrhoiden zu injizieren. **Virchow** wies nach, daß diese Ansicht falsch sei, da es ihm gelungen ist, die Hämorrhoidalknoten von den Venen aus zu injizieren, dagegen nur ausnahmsweise in speziell günstigen Fällen von den Arterien aus. Daher behauptet er: „die größeren sackigen und zylindrischen Erweiterungen entsprechen stets den Venenwurzeln“. Ferner sagt er: „Meiner Erfahrung nach gehören alle Gefäßgeschwülste am Anus in eine einzige Kategorie, die der varicösen, und die Arterien sind stets nur subsidiär dabei ergriffen.“

Dahingegen betrachten einige englische Autoren die Hämorrhoiden als arterielle Angiome. So z. B. nennt sie Bell „Aneurysmata per anostomosim" und vergleicht sie mit den vikariierenden Magenblutungen bei Menstrualstörungen. Eine ähnliche Ansicht vertritt auch Ashton und gibt nur in einzelnen Ausnahmefällen eine varicöse Erweiterung der Venen zu. Ähnlich teilt Lepelletier die Hämorrhoiden in zwei Klassen: erektile und varicöse, und Bryant zählt die äußeren Knoten zu den gewöhnlichen Varicen, die inneren dagegen zu Angiomen, die ähnlich gebaut sind, wie die Naevi.

In letzter Zeit hat sich unzweifelhaft Quénu hervorragende Verdienste um die genanere Untersuchung der Hämorrhoidalknoten sowohl in histologischer Beziehung, als auch durch Injektion der Venen erworben. Besonders erwähnenswert und neu ist seine Ansicht, daß die Hämorrhoiden durch Reizung und Entzündung zuerst der Intima und dann der übrigen Wandschichten entstehen. Die Causa nocens sieht er in der schädlichen Wirkung des Alkohols, des Rheumatismus, der Gicht u. dergl., oder der Bakterien, welche sich auf der Oberfläche der Rektalschleimhaut befinden. Erst nachdem die Venenwandungen durch die Entzündung ihre Elastizität und Widerstandsfähigkeit verloren haben, tritt die Erweiterung und Schlängelung der Venen ein und später bilden sich die Varicen und höhlenförmigen Ausbuchtungen.

Im allgemeinen bestanden und bestehen noch die verschiedensten Ansichten über die Art und Weise und wahre Ursache der Entstehung der Hämorrhoidalknoten. Abgesehen von den veralteten Theorien, wie z. B. Hippokrates „Atra bilis" ist neben der Entzündungstheorie Quénus ziemlich weit die Ansicht verbreitet, daß die venöse Stase speziell im Gebiet der Vena portae oder auch der Vena cava inf. die Entstehung der Hämorrhoiden bedingt. Letztere Ansicht finden wir in den meisten neueren Handbüchern der Chirurgie und auch pathologischen Anatomie vertreten. Ebensoweit verbreitet und fast allgemein angenommen ist die Ansicht, daß es sich bei dieser Krankheit um eine Erweiterung der Hämorrhoidalvenen — um Varicen handelt. So finden wir z. B. in Hueter-Lossens Handbuch den Satz: „Die Hämorrhoidalknoten sind nichts anderes als erweiterte Venen, eine Phlebektasie, und können mit den Varicen der unteren Extremität auf eine Linie gestellt werden".

Ziegler betrachtet den ganzen Prozeß als „Geschwulstbildungen, welche namentlich in der Schleimhaut des Anus vorkommen und

durch Dilatation der kleinen Venen zu Blutsäcken verschiedener Form entstehen".

Ebenso zählt **Eichhorst** die Hämorrhoiden zu den Varicen und schreibt: „Ihrer anatomischen Natur nach sind die Hämorrhoiden nichts anderes, als varicöse Erweiterungen der Mastdarmvenen", und weiter: „die moderne Medizin erkennt für die Entwicklung von Phlebektasie der Hämorrhoidalvenen keine anderen Ursachen als Zirkulationsstörungen an."

Strümpel macht aufmerksam auf die Verdickung der Gewebe in der Umgebung, wodurch der Hämorrhoidalknoten einem festen Tumor ähnlich wird, aber trotzdem keine Neubildung darstellt.

König hebt ebenfalls hervor, daß infolge entzündlicher Verdickung des Bindegewebes in der Umgebung die Knoten hart und nicht komprimierbar werden können, trotzdem handelt es sich nach seiner Ansicht bei diesem Leiden nur um „varicös erweiterte Mastdarmvenen".

Dieselbe Ansicht vertritt auch **L. v. Rydygier**, zugleich versäumt er nicht, die Ansicht **Reinbachs**, daß die Hämorrhoiden Angiome — also Neubildungen seien — kritisch zu besprechen.

Duret versucht das häufige Vorkommen der Hämorrhoiden dadurch zu erklären, daß jedes Ästchen des inneren Hämorrhoidalplexus mit einer kolbenartigen Anschwellung beginnen soll. Diese Ansicht hat **Kijewski** in einer sehr gründlichen Arbeit widerlegt, obgleich auch er in einer nicht geringen Anzahl von Fällen selbst bei jungen Individuen diese kolbenartige Anschwellung gefunden hat.

Originell ist die Ansicht **Lebels**, daß Hämorrhoidalblutungen auch ohne Vorhandensein von Hämorrhoidalknoten vorkommen können.

Ohne noch weiter des genaueren die Ansichten zahlreicher neuerer Autoren, welche die Hämorrhoiden als Varicen der Mastdarmvenen ansehen, auseinander zu setzen, will ich nur erwähnen, daß **Curling**, **Gosselin**, **Mollière**, **Esmarch**, **Allingham**, **Foerster** u. v. a. dieser Ansicht sind.

G. Reinbach versucht in einer sehr fleißigen Arbeit zu beweisen, daß entgegen der allgemein angenommenen Ansicht die Hämorrhoiden keine Varicen, sondern wirkliche Neubildungen, seien. Diese Ansicht stellt er auf Grund genauer Untersuchung von 15 operierten Fällen auf. Überdies hat er an Leichen von 5 Erwachsenen und 6 Kindern, die an anderen Krankheiten gestorben sind, seine Untersuchungen ergänzt.

In 2 Fällen von 6 untersuchten Kindern (bei einem 17tägigen und 5monatlichen Kinde) fand er eine vermehrte Anzahl von Blutgefäßen sowohl unter der Schleimhaut, als auch unter der Haut des Afters. Diese Gefäße begleiten zahlreiche Bündel jungen zellenreichen Bindegewebes, in welchem hinwiederum neugebildete Gefäße zu sehen waren. In den Fällen von Hämorrhoiden sah er in vielen Präparaten Ausläufer von Gefäßen, die anfänglich (proximal) noch ein enges Lumen hatten, im weiteren Verlauf (distal) aber sich nur als ein Streifen von Endothelzellen darstellten, wo die Gestalt und Richtung der Kerne darauf hinwies, daß man es mit sich neu bildenden Kapillar-Gefäßen zu tun hatte. Gestützt auf diese Präparate und auf die große Ähnlichkeit zwischen den Hämorrhoidalknoten und dem Angioma cavernosum sagt Reinbach am Ende seiner Arbeit: „Das Wesen der Hämorrhoidalaffektion besteht nicht, wie bisher angenommen wurde, in einer Varicenbildung der Hämorrhoidalvenen; es handelt sich vielmehr um echte Geschwülste gutartigen Charakters, welche durch eine Neubildung vornämlich von Blutgefäßen ausgezeichnet sind, also um Angiome. Den Begriff „Angiom" fasse ich hierbei in seinem strengsten Sinne auf. „Gefäßtumoren", die durch eine Erweiterung präexistierender Gefäße entstehen, gehören beispielsweise nicht hierher."

Eine direkt entgegengesetzte Ansicht finden wir in der neuesten Auflage des großen französischen Handbuches „Traité de chirurgie par Duplay et Reclus". Wir lesen dort: „Les hémorroïdes, quels que soient leur aspect, leur structure apparente, leur volume et leur siège, sont dues exclusivement à la dilatation variqueuse des veines de la région ano-rectale".

Ja, in ein und demselben Handbuche — und zwar in einem so hervorragenden, wie das v. Bergmann-Brunssche — finden wir ganz verschiedene Ansichten von ein und demselben Autor auf derselben Seite niedergeschrieben. In dem entsprechenden Abschnitt bezeichnet Rotter die Hämorrhoiden „als rundliche, spindliche, ampulläre, traubenartige Ausbuchtungen der erweiterten Venen (niemals Arterien), die verschiedene Schlingen oder schraubenartige Windungen zeigen. Eine größere Menge derartig varicös erweiterter Venen bildet einen Hämorrhoidalknoten". Einige Zeilen weiter lesen wir: „Die Untersuchungen Reinbachs, Gunkels und Diakonows haben in der Tat gezeigt, daß die Hämorrhoiden bis auf seltene Ausnahmen nicht als varicöse dilatierte Venen

zu betrachten sind, sondern daß dieselben Gefäßneubildungen, cavernöse Angiome darstellen".

Auch Remington betrachtet die Hämorrhoiden histologisch als Angiomata, die schon in frühester Jugend sich zu bilden anfangen, während A. Ssnjetinow die Behauptung Reinbachs zu widerlegen versucht und die Hämorrhoidalknoten als typische varicöse Erweiterungen der Mastdarmvenen ansieht.

Die Anhänger der Theorie, daß die Hämorrhoiden Gefäßneubildungen sind, führen als Beweis dafür an, daß man Hämorrhoidalknoten schon bei kleinen Kindern und selbst Neugeborenen findet. So z. B. erwähnt Comby 5 eigene und 15 von Konrel zusammengestellte Fälle von Hämorrhoiden bei $\frac{1}{2}$–3jährigen Kindern.

Gnnkel, ein Assistent Rotters, unterscheidet nach seinen mikroskopischen Untersuchnngen der Aftergegend bei Kindern 4 Typen von Hämorrhoiden: 1. Die Anzahl der Gefäße ist vermehrt und die miteinander kommunizierenden Blnträume senden eine erhebliche Anzahl von Ausläufern, welche gegen die Peripherie immer dünner werden. Diesen Prozeß begleitet weder Entzündung, noch kleinzellige Infiltration. 2. Es sind keine erweiterten Bluträume vorhanden, man bemerkt nur eine große Anzahl sehr feiner Gefäße, die von Streifen von Zellkernen begleitet werden. 3. Wir finden große mit Blut ausgefüllte und mit Endothel ausgekleidete Räume, die voneinander durch Wände geteilt sind, deren Bau jedoch nicht dafür spricht, daß es Reste atrophierter Gefäßwände sind. Im Gegenteil, das Ganze macht den Eindruck kavernöser Angiome. 4. Endlich fand er große Räume, welche mit einschichtigem Endothelium ausgekleidet und mit Blut ausgefüllt waren, in denen hier und da Reste von früheren Scheidewänden zu sehen waren, aber keine Spur von Entzündung. Gestützt auf diese Befunde, namentlich neugebildeter Gefäße sieht er die Hämorrhoidalknoten als eine Art von kavernösen Angiomen an.

Diese Unsicherheit und Verschiedenheit der Anschauungen, die noch neuerdings Riedinger in einem klinischen Vortrage hervorhebt, veranlaßte mich mit Erlaubnis des Hofrats Prof. Weichselbaum an seinem reichen Material neue pathologisch-anatomische Untersuchungen zu unternehmen.

Zuerst wollen wir uns die normalen anatomischen Verhältnisse der Mastdarm- und Aftergegend nach der Darstellung von Tillaux, Krause, Henle, Kijewski und L. v. Rydygier (sen.) etwas genauer ins Gedächtnis rufen.

Der letzte Abschnitt des Verdauungskanals, der Mastdarm

(rectum), beginnt in der Höhe der linken Synchondrosis sacro-iliaca als Fortsetzung des S. romanum. Seine Länge wird verschieden angegeben: Quain-Hofman 15—20 cm, Krause 16 cm, Tillaux 20—25 cm. Wir unterscheiden 3 Abschnitte am Mastdarm: 1. den oberen, der noch vom Peritoneum überzogen wird, Pars intraperitonealis, 2. den mittleren, bei weitem dickeren, Pars ampullaris und 3. den unteren in den After übergehenden, Pars sphincterica.

Die oberen zwei Drittel des Mastdarms werden vorne vom Peritoneum überzogen, das hier auf die Blase resp. Gebärmutter übergeht. Hinten fließt es von beiden Seiten zum Mesorectum zusammen, in welchem die AA. und VV. mesentericae inf. verlaufen. Etwa 12 cm über dem Orificium ani endet das Mesorectum und nur lockeres Bindegewebe verbindet das Rektum mit seiner Umgebung.

Von außen nach innen gerechnet finden wir folgende Schichten an der Mastdarmwand: Zuerst das Peritoneum, das unterhalb seiner Falte durch lockeres Bindegewebe ersetzt wird. Die zweite Schicht bilden längs verlaufende Muskelbündel, die als Fortsetzung der Taeniae Valsalvae anzusehen sind. Darauf folgt die dritte Schicht, bestehend aus zirkulären Muskelfasern, welche am unteren Ende des Mastdarms den Sphincter ani internus bilden und oberhalb der Ampulla recti einen viel schwächeren zweiten Sphincter superior oder Sphincter O'Beirnei. Nélaton beschreibt noch einen dritten Sphincter, der in Gestalt von einer oder zwei Falten auf der Höhe der Prostata, etwa 6 cm über dem After, zu finden ist. Die vierte Schicht, Tunica submucosa, ist für uns hier die wichtigste, denn in ihr verlaufen die Blutgefäße, deren Veränderungen eben zur Hämorrhoidalbildung führen. Sie ist ziemlich dick (2—5 mm) und wird von lockerem Bindegewebe gebildet, in welchem außer den Blutgefäßen zahlreiche Nerven verlaufen, so daß sie einzelne Autoren auch Tunica nervea nannten. Die fünfte Schicht wird von der Schleimhaut gebildet, die infolge der hier zahlreicher vorhandenen Blutgefäße stärker gerötet erscheint als die der höheren Darmabschnitte. Im leeren Zustande des Mastdarms bildet die Schleimhaut Längsfalten, welche das Lumen ganz ausfüllen; im ausgedehnten Zustande verschwinden die Längsfalten und es treten dafür 2—3 Querfalten auf (seltener nur eine) in der Gegend des Nélatonschen Sphincter (plicae transversales recti Kohlrauschi v. valvulae Houstoni).

Überdies finden wir dicht hinter dem After 8—10 Längsfalten (columnae recti Morgagni) mit breiter Basis dicht nebeneinander

gelegen. An ihrem unteren Ende sind diese Längsfalten durch kleine, nach oben konvexe Querfalten verbunden, wodurch eine Art seichter, nach unten offener Taschen gebildet wird (sinus Morgagni).

Was den mikroskopischen Bau der Mastdarmschleimhaut anbetrifft, so unterscheidet sie sich nur wenig von jener der höheren Partien des Dickdarms: Sie ist ebenfalls von einem einschichtigen Zylinder-Epithel bedeckt, das schlauchförmige Ausläufer in die Tiefe sendet und so zahlreiche Drüsen bildet (glandulae tubulosae Lieberkühni). Wir sehen auch, namentlich bei Kindern und jüngeren Individuen, ziemlich zahlreiche Solitärfollikel. Dicht über dem After — etwa 7 mm darüber — verschwinden sowohl die Lieberkühnschen Drüsen, wie die Solitärfollikel und die ganze Schleimhaut verändert ihr Aussehen, indem sie sich dem Baue der äußeren Haut nähert — anstatt des einschichtigen Zylinder-Epithels tritt mehrschichtiges auf, daß nur in der Tiefe noch die Zylinderform behält, oberflächlich aber mehr abgeplattet erscheint.

Der Mastdarm ist — wie schon erwähnt — sehr reichlich mit Blutgefäßen versehen. Die Arterien sind hier die Art. haemorrhoidalis sup. aus der Art. hypogastrica, die Art. haemorrhoidalis media aus der Art. pudenda communis — sie besitzt zahlreiche Anastomosen sowohl mit der Art. haemorrhoidalis sup., als auch infer., endlich die Art. haemorrhoidalis infer., ebenfalls als der Art. pudenda communis.

Komplizierter ist die Anatomie der Venen dieser Gegend, welche erst die Untersuchungen Verneuils, Durets, Arrous, namentlich aber Quénus und Kijewskis übersichtlicher gestaltet haben.

Die Venen, welche das Blut aus den Mastdarmwandungen aufnehmen, bilden zwei dichte Netze: eines an der inneren, das andere an der äußeren Seite der Mastdarmwand (Plexus haemorrhoidalis int. et ext.). Der äußere Venenplexus nimmt das Blut aus der ganzen Umgebung des Mastdarms, aus der äußeren Seite des unteren Mastdarmabschnittes und aus dem Sphincter ani externus und internus auf. Aus diesem Plexus entstehen 2 Venen: V. haemorrh. infer. s. extern. und V. haem. med., welche in die V. pudenda einmünden, diese hinwiederum in die V. hypogastrica, welche endlich in die V. cava infer. übergeht.

Der innere Venenplexus liegt unmittelbar unter der Mastdarmschleimhaut und bildet ein dichtes Netz von dünnen Gefäßen.

Seine Endausläufer kommunizieren mit den V. haem. ext. und med., wodurch eben eine Kommunikation zwischen den beiden Gefäßsystemen, dem der V. cava inf. und der V. portae zustande kommt, da aus dem Plexus haem. int. die V. haem. int. s. super. entsteht, diese hinwiederum nach Vereinigung mit der V. colica sinistra die V. mesenterica inf. bildet, einen der Äste (Wurzeln) der V. portae.

Diese Kommunikation der beiden venösen Gefäßsysteme sichert den Blutabfluß aus dem Mastdarm auch im Falle einer Störung in einem derselben. Andererseits muß jede pathologische Störung in einem dieser Systeme einen nachteiligen Einfluß aus das andere ausüben.

Das ist die Erklärung für die allgemein verbreitete Ansicht, daß Krankheiten der Leber und Störungen im Blutkreislauf der V. portae das wichtigste ätiologische Moment für die Entstehung der Hämorrhoiden abgeben.

Die Kommunikation der beiden venösen Systeme wird durch feine Gefäße, welche in den Morgagnischen Falten verlaufen, gebildet. Sie sind es, an denen wir für gewöhnlich die ersten Anfänge der Hämorrhoiden bemerken in Form von spindelförmiger Erweiterung, die anfangs linsengroß ist, allmählich aber zu einem immer größeren Umfange anwächst.

Da diese Veränderungen schon im frühen Kindesalter, aber nie bei Neugeborenen, auftreten können, so hat sie Duret für normale Bildungen angesehen und behauptet, daß die Hämorrhoidalvenen mit kleinkolbiger Anschwellung anfangen; die Untersuchungen von Quénu und Kijewski haben jedoch ergeben, daß man jene Erweiterungen als pathologische Gebilde, als die ersten Anfänge der Hämorrhoidalknoten ansehen muß.

Aus dem Gefäßnetze unter der Schleimhaut bilden sich feine Venenstämmchen, die hinwiederum in ihrem Verlaufe nach oben durch Aufnahme von feinen Seitenästen zu immer stärkeren Stämmen anwachsen, bis sie in der Anzahl von 8—10 die Muscularis ca. 10 cm. über dem After durchbohren, um dann weiter an der Außenseite des Mastdarms in die Höhe zu ziehen.

Verschiedene Autoren (Kijewski u. a.) sehen eben in dem Umstande, daß diese Venenstämme, welche das Blut aus der Mucosa und Submucosa abführen, durch die Schichten der zirkulären und Längsmuskeln des Mastdarms hindurchgehen müssen, ein ätiologisches Moment für die Entstehung der Härmorrhoidalknoten. Bei jeder Stuhlentleerung, wobei sich ja die Mastdarmmuskeln kontrahieren und so die hindurchtretenden Venenstämmchen komprimiert

werden müssen, entsteht eine venöse Hyperämie in der Mucosa und Submucosa des Mastdarms. Fügen wir noch hinzu, daß dabei durch Anstrengung der Bauchpresse der Blutdruck erhöht und der Blutabfluß aus dieser Gegend erschwert wird, so haben wir eine weitere begünstigende Ursache zur Entstehung der Hämorrhoiden. Auf diese Weise kann man sich das häufige Vorkommen der Hämorrhoiden bei den orthodoxen Juden erklären, welche es für ihre Pflicht halten, vor dem Morgengebete einige Skybala herauszupressen, obwohl hier wohl angeborene Gefäßverhältnisse und Rasseneigentümlichkeiten nicht ohne Einfluß sind.

Wir wollen endlich zur näheren Betrachtung des histologischen Baues des unteren Mastdarmabschnittes übergehen, wobei wir uns vor allem auf eigene Untersuchungen stützen werden. Wir haben unsere Untersuchungen an dem reichhaltigen Materiale des Wiener pathologisch-anatomischen Instituts mit Erlaubnis des Hofrats Prof. Weichselbaum ausgeführt, wobei wir diese Gegend bei mehr als 200 männlichen wie weiblichen und Kinder-Leichen untersucht haben. Wir haben uns das Sektionsmaterial nicht ausgesucht, auch nicht speziell Leichen mit pathologischen Veränderungen am Mastdarm ausgewählt, im Gegenteil, wir haben die Leichen genommen, so wie sie zur Sektion gekommen sind. Zuerst wurde die Aftergegend und der untere Mastdarmabschnitt makroskopisch untersucht, und die dabei mit dem bloßen Auge wahrnehmbaren Veränderungen notiert. Demnächst wurden aus dem Mastdarm mit einem scharfen Rasiermesser an verschiedenen Stellen einige ca. 4 cm lange und 2 cm breite Stücke herausgeschnitten. Dabei verstehen wir unter „lang“ das Ausmaß in der Richtung der Längsmuskeln des Mastdarms, unter „breit“ das Ausmaß senkrecht zur Längsachse des Mastdarms. Die Dicke des ausgeschnittenen Stückes, das ist das zur Oberfläche der Schleimhaut senkrechte Ausmaß, betrug 2—3 cm, so daß in jedem Falle der Sphincter ani sich in seiner ganzen Dicke in dem ausgeschnittenen Stücke befand. Dieser Umstand erscheint uns sehr wichtig, da wir nur auf diese Weise das Verhältnis zwischen den ev. Veränderungen in der Mucosa und Submucosa und der Umgebung, insbesondere dem Sphincter ani genauer erkennen können, was bei der Untersuchung der während der Operation herausgeschnittenen Hämorrhoidalknoten, wie es Reinbach getan, unmöglich ist.

Nicht minder wichtig erscheint es uns, das Sektionsmaterial ohne Auswahl zur Untersuchung zu nehmen, da wir nur so mit Bestimmtheit feststellen können, wie häufig Veränderungen im Mast-

darm auftreten. Für ein solches Vorgehen spricht noch der Umstand, daß es nicht selten an der Leiche schwer fällt, wenn die blutleeren Gefäße zusammengefallen sind, zu entscheiden, ob wir im gegebenen Falle mit einem normalen Mastdarm zu tun haben, oder ob schon pathologische Veränderungen, insbesondere Hämorrhoiden in Entwicklung sind. Auf diese Weise nur können wir der Entstehung der Hämorrhoiden in ihrem Anfange nachspüren, sozusagen „in statu nascendi". Wenn wir so vorgehen, können wir auch den Einfluß des Alters und der verschiedenen Allgemeinerkrankungen des Organismus auf die Veränderungen im Mastdarm, speziell auf die Entstehung der Hämorrhoiden erkennen.

Die ausgeschnittenen Stücke wurden auf mehrere Tage in 10proz. Formalinlösung oder Müller-Formol hineingelegt. Nach gehöriger Härtung schnitten wir mit dem Rasiermesser dünnere, zum Einbetten geeignete Scheiben aus ihnen. Wir taten das erst jetzt, da beim Zuschneiden von dünneren Scheiben aus frischem Materiale selbst beim Gebrauch von sehr scharfen Rasiermessern die Gewebe, insbesondere die sehr lockere Submucosa sehr leicht verschoben und zerissen wurden. Darauf wurden die Präparate durch Einlegen in immer mehr konzentrierten Alkohol entwässert und dann in Anilinöl gelegt. Die in kleine Gläser in dieses Öl eingelegten Präparate wurden im Thermostat bei 30° C aufbewahrt. Nach 24 Stunden wurden die Präparate in Xylol gebracht, wo sie ebenfalls durch 24 Stunden bei 30° C verblieben. Die nächsten 24 Stunden verweilten sie in einer Mischung von Xylol und Paraffin bei derselben Temperatur. Darauf wurden sie auf 6—10 Stunden in Paraffin bei 50° C gelegt. Nachdem das Paraffin nochmals gewechselt worden war und die Präparate durch weitere 10 Stunden darin verblieben, wurden sie endlich herausgenommen und auf Holzklötzchen befestigt. Die darauf angefertigten, 0,005 mm dicken Schnitte wurden weiterhin auf Objektgläser nach der japanischen Methode oder mit Eiweiß festgeklebt. Wir mußten so lange die Präparate einbetten und in Thermostaten halten ohne Rücksicht auf die daraus möglicherweise resultierende geringe Schrumpfung derselben, da die großen Dimensionen derselben eine so lange Einbettung durchaus erheischten.

Zur Färbung benutzten wir vergleichshalber verschiedene Methoden; am häufigsten jedoch Hämalaun mit Eosin und Weigertsche Fibrinfärbung. Einen allgemeinen Überblick über das ganze Präparat, sowie auch über verschiedene Einzelheiten bei stärkerer Vergrößerung bekam man am besten bei der Färbung mit Häm-

alaun-Eosin; dahingegen traten die Verhältnisse der Gefäße in der Elastika und ihre elastischen Fasern am deutlichsten bei der Färbung nach Weigert auf. Am lehrreichsten für uns waren die Bilder bei schwacher Vergrößerung, wobei wir auf einmal eine größere Oberfläche am Präparate studieren konnten. In dieser Beziehung war die Lupenvergrößerung sehr bequem, gab jedoch leider keine genauere Einsicht in den histologischen Bau der betreffenden Stelle und erforderte deshalb eine unablässliche Kontrolle mit stärkerer Vergrößerung. Deshalb erschien uns am angenehmsten und am vorteilhaftesten die Untersuchung mit Leitz' Objektiv Nr. 2 und Okular Nr 4, wodurch wir den Vorteil eines verhältnismäßig großen Gesichtsfeldes mit der Möglichkeit, auch feinere Einzelheiten ohne Wechsel der Linse zu erkennen, vereinigt hatten. Wenn wir jedoch die Veränderungen in den Gefäßwandungen ganz genau studieren wollten, so benutzten wir Zeißsche Apochromate, und zwar Immersion 2 mm Ap. 4. Übrigens ist bei den Zeichnungen, die von J. Wenzel in Wien ganz vorzüglich ausgeführt wurden, jedesmal die Vergrößerung angegeben.

Wir wollen jetzt zum eingehenderen Studium der einzelnen Präparate übergehen: Fangen wir mit den jüngsten Individuen an, das ist mit der Durchsicht der Präparate, die von 2 fünfmonatlichen Föten entnommen sind (vergl. Fig. 1). Schon bei der ersten oberflächlichen Besichtigung fällt uns sofort auf, daß hier von der Existenz eines Sphincter ani internus nicht die Rede sein kann. Wir sehen nur, daß die Ringmuskulatur im unteren Abschnitt des Mastdarms an der Stelle, wo beim Erwachsenen der Sphincter int. sich befindet, etwas stärker ausgebildet ist: wir finden hier etwas mehr zirkuläre Muskelbündel und sie sind auch etwas dicker; aber das alles bildet nur einfach die weitere Fortsetzung der zirkulären Muskelschicht des höheren Darmabschnitts und differenziert sich gar nicht als ein selbständiger Muskel — ein Sphincter ani int. existiert eben noch nicht.

Wenn wir das Präparat gegen das Darmlumen hin verschieben, kommen wir auf die Submucosa. In dem lockern Bindegewebe verlaufen hier zahlreiche arterielle und venöse Blutgefäße und ein stark entwickeltes Netz von Kapillargefäßen. Diese Schicht müssen wir am genauesten betrachten, da gerade in ihr die Veränderungen an den Gefäßen bei den Hämorrhoiden am frühesten und am deutlichsten auftreten. Betrachten wir Fig. 1 genauer, so sehen wir eine auffallend große Anzahl meist quer durchschnittener Blutgefäße, von denen nur einzelne blutleer und kollabiert erscheinen, die bei

weitem größte Mehrzahl dagegen mit Blut ausgefüllt und erweitert ist. An zwei Stellen bemerken wir diese Gefäße besonders angehäuft: Die eine Stelle ist dort, wo die Haut in die Schleimhaut übergeht; wir sehen hier ganz deutlich eine große Anzahl feiner Gefäße — vorwiegend Kapillaren, aber auch kleine Venen —, die meistenteils in querer Richtung durchschnitten sind. Die zweite Stelle, wo wir eine noch größere Anzahl von Gefäßen angehäuft finden, sehen wir da wo die zirkuläre Muskelfaserschicht aufhört, d. i. am unteren (peripheren) Rande des Sphincter int. Die Gefäße sind hier nicht nur zahlreicher angehäuft, sondern sie sind auch von größerem Kaliber und stärker mit Blut angefüllt. Wir heben diesen Befund mit Nachdruck hervor und lenken speziell darauf die Aufmerksamkeit, da an diesen Stellen für gewöhnlich die Hämorrhoiden sich entwickeln. Trotzdem wir genau darauf achteten, haben wir niemals eine Neubildung von Gefäßen oder Gefäßsprossen, wie es Reinbach beschrieben, gesehen.

Auf der Submucosa sehen wir die Schleimhaut ausgebreitet, die sich nicht besonders von der der höheren Dickdarmabschnitte unterscheidet, nur fällt uns eine geringere Anzahl von Solitärfollikeln auf. Bei Kindern sind sie jedoch noch zahlreicher vorhanden, als bei Erwachsenen. Ebenso sehen wir hier an den Präparaten vom Fötus (ebenso an denen von Neugeborenen und kleinen Kindern) verhältnismäßig viele Becherzellen in den Lieberkühnschen Drüsen, während bei Erwachsenen sie hier viel weniger zahlreich sind, als in den höheren Abschnitten. Etwa 1 mm über der Linie, wo die Haut in die Schleimhaut übergeht, sehen wir keine Solitärfollikel und keine Lieberkühnschen Drüsen mehr und die Epithelien werden immer niedriger — immer dem Pflasterepithel ähnlicher. Plötzlich und ganz scharf hört die Schleimhaut auf und die Haut beginnt.

Gehen wir zunächst über zum Studium der Präparate, welche wir aus dem unteren Abschnitt des Mastdarms bei Neugeborenen entnommen haben, und zwar an 24 Leichen. Vor allem sehen wir, daß der Sphincter int. schon deutlicher hervortritt; er unterscheidet sich bestimmt und ist abgegrenzt von der übrigen, höher gelegenen Ringmuskulatur der Darmwand nicht nur dadurch, daß er 2 mal doppelt so dick ist, sondern auch dadurch, daß seine Muskelbündel stärker sind und näher aneinander liegen, indem das zwischen ihnen gelegene lockere Bindegewebe weniger Raum einnimmt und dichter ist. Wir sehen aber, daß er doch im Vergleich zu dem bei Erwachsenen schmal und schwächer entwickelt ist. Überdies bemerken

wir auf diesen Präparaten von Neugeborenen, daß hier an der Außenfläche des Sphincter int. keine longitudinalen Muskelfasern mehr zu sehen sind, während an den vom Fötus entnommenen Präparaten außen über den zirkulären Muskelfasern und der lockeren Bindegewebsschicht Streifen von longitudinalen Muskelfasern verliefen.

Über die Schleimhaut, ihren Übergang in die Haut und über die Submucosa könnten wir nur dasselbe wiederholen, was wir schon bei der Beschreibung der vom Fötus entnommenen Präparate gesagt haben. Auch hier fällt uns die stärkere Ansammlung von Blutgefäßen an der Haut-Schleimhaut-Übergangsstelle und an der unteren Grenze des Sphincters auf.

Trotzdem wir sorgfältig darnach suchten, haben wir nirgends auch in diesen von 24 Neugeborenen entnommenen Präparaten eine reichliche Bildnng von neuen Blutgefäßen oder Gefäßsprossen gefunden, wie sie Reinbach beschrieben.

Nächstdem haben wir die Analgegend bei einigen (5) mehrere Tage alten Kindern untersucht (2 Tage, 5 Tage, 6 Tage, 6 Tage, 10 Tage) und auch in diesen Fällen keinen großen Unterschied von den vorigen gefunden. Wir sehen nur, daß der Sphincter int. noch besser entwickelt ist und dem bei Erwachsenen mehr gleichkommt. Von longitudinalen Muskelfasern an seiner Außenfläche ist absolut keine Spur. Wir sehen auf der an der Außenfläche dieses Muskels gelegenen Schicht von lockerem Bindegewebe die durchschnittenen quer gestreiften Muskelfasern des Sphincter ext. und darauf folgt eine Lage von Fettgewebe. Das Stratum papillare ist auch hier nahe an der Haut-Schleimhautgrenze kaum angedeutet. Diese Grenze ist scharf zu sehen, obwohl die Schleimhaut nicht sofort alle ihr zukommenden Charaktere zeigt. Es fehlen nämlich hier zunächst die Lieberkühnschen Drüsen; sie treten erst in einiger Entfernung von der Grenze auf und dringen weniger in die Tiefe. Auch finden wir weniger Becherzellen in ihnen als bei den Föten oder Neugeborenen; die Solitärfollikel treffen wir ebenfalls hier seltener an als bei den Föten.

Bei noch älteren Kindern (4 Mon., 8 Mon., 1 Jahr, $1^1/_2$, 2, 3, 4, 5, 6 und 8 Jahre) finden wir ebenfalls ähnliche Verhältnisse, nur daß die Submucosa hier bedeutend dicker ist. Je älter die Individuen sind, um so breiter ist diese Schicht, um so zahlreicher und stärker sind die darin verlaufenden Gefäße. Dieser Unterschied tritt wiederum am deutlichsten an den zwei schon mehrmals erwähnten Stellen auf: am unteren Rande des Sphincter int. und an der Haut-Schleimhaut-Übergangsstelle.

Die von älteren Individuen (13, 13, 14, 17, 18, 19, 19, 20 Jahre) entnommenen Präparate zeigen dieselben Bilder, nur sind die Ausmaße größer, entsprechend den Jahren und der Größe der Leiche Wir sehen schon mit bloßem Auge und noch besser bei Lupenvergrößerung zahlreiche Gefäßnetze unter der Schleimhaut verlaufen. Je nachdem unser Schnitt durch eine Morgagnische Falte oder in den Raum zwischen zwei Falten gefallen ist, wird die submucöse Schicht in dem einen Falle dicker und reichlicher mit Gefäßen versehen sein als in dem andern Falle. Das darf uns weiter nicht wundernehmen; denn wenn wir an der Leiche die Oberfläche der Schleimhaut des unteren Mastdarmabschnittes näher betrachten, so sehen wir schon mit dem bloßen Auge, daß die Morgagnischen Falten viel intensiver gerötet sind und eben durch diese stärkere Färbung von der übrigen Schleimhaut deutlich abstechen. Diese Erscheinung hat uns Quénu durch seine Untersuchungen — wie schon erwähnt — erklärt: Nach gut gelungener Injektion der Gefäße fand er, daß gerade in den Morgagnischen Falten sich die Anastomosen zwischen der V. haemorrhoidalis inf. und sup. befinden, d. i. zwischen dem Gefäßsystem der V. portae und der V. cava inf., und daß an diesen Anastomosen zuerst die Erweiterung und die varicösen Veränderungen auftreten. Das ist eben die Stelle, an der — wie auch schon erwähnt — Duret die kolbenförmigen Anschwellungen gefunden hat. Das ist auch die Stelle, wo für gewöhnlich die inneren Hämorrhoiden sich zu entwickeln anfangen: hier treten die ersten Anfänge der Erweiterung und Schlängelung der Mastdarmvenen auf, um allmählich den Veränderungen zu unterliegen, die wir demnächst bei den ausgebildeten Hämorrhoiden beschreiben werden.

Schon bei diesen verhältnismäßig jungen Individuen bieten die mikroskopischen Präparate eine große Mannigfaltigkeit dar; wir finden kaum zwei, die sich ganz ähnlich wären. Vor allem ist die Dicke der Mucosa und Submucosa sehr verschieden, dann aber auch die Anzahl der in ihr verlaufenden Gefäße, ihre Stärke und Füllung. Einzelne von diesen Präparaten zeigen schon so weit vorgeschrittene Veränderungen an den Blutgefäßen, daß wir das nicht mehr als normale Verhältnisse ansehen können, trotzdem es sich um junge Individuen handelt, sondern als die ersten Anfänge von Hämorrhoiden erklären müssen. Sehen wir uns z. B. das Präparat Nr. 198 von einem 13jährigen Knaben, dessen unteren Abschnitt Fig. 2 darstellt, genauer an, so bemerken wir vor allem, daß die Schicht unter der Schleimhaut, resp. der Haut etwa 3—4 mal breiter ist als ge-

wöhnlich. Dieses Breiterwerden ist eines der gewöhnlichsten und am frühesten auftretenden Symptome bei den Hämorrhoiden. Gerade an der Grenze zwischen der Haut und Schleimhaut und noch mehr an der unteren Grenze des Sphincter int. ist diese Schicht am breitesten; an diesen Stellen bilden sich förmlich zwei Höcker, auf denen die Schleimhaut und Epidermis sehr verdünnt ist; manchmal treten dort sogar Erosionen auf, oder wenigstens ein kleinzelliges Infiltrat. In der Submucosa sehen wir eine große Anzahl erweiterter Gefäße — vorwiegend sind es kleine Venen, aber auch das Lumen der Kapillargefäße ist nicht selten stark — um das 10 fache — erweitert. Auch in der Subkutis (Fig. 2) sehen wir mit Endothel ausgekleidete Bluträume. Das Bindegewebe, in welchem sie sich befinden, ist sklerotisch, bedentend dichter, und die Stelle sieht bei dem großen Reichtum der dicht nebeneinander gelegenen Blutgefäße einem Angiome nicht unähnlich. Die meisten Gefäße sehen wir auf dem Querschnitt; wir finden aber auch schräg und längs durchschnittene. Auffallend ist auch die Gruppierung der Gefäße: wir finden sie meist in kleinen Haufen, was wir uns jedoch leicht erklären können, wenn wir uns nur an die Bilder erinnern, welche Quénu bei der Injektion der Hämorrhoiden erhalten hat. Sehen wir uns Fig. 3 (nach Quénu) näher an, so sehen wir die Venen stark geschlängelt, erweitert, höckerig; sie bilden gleichsam einen losen Knäuel, dessen einzelne Fäden verschieden dick sind, selten von normaler Weite, meistenteils bedeutend, nicht selten ganz enorm erweitert. Es kann uns also gar nicht wundernehmen, daß, wenn wir unter dem Mikroskop den optischen Durchschnitt eines solchen Gefäßknäuels zu sehen bekommen, das ganze Bild sich wie ein kleines Angiom darstellt: also dicht nebeneinander gelegene, in der verschiedensten Richtung getroffene Gefäßdurchschnitte, die nur durch schmale Streifen dichten Bindegewebes getrennt und von dem umgebenden Gewebe abgesondert gleichsam für sich ein besonderes Ganzes bilden. Solche Bilder finden wir natürlich nur in den Anfangsstadien der Hämorrhoiden oder dann in den späteren Stadien, wenn neben den älteren Knoten neue entstehen.

Kehren wir jedoch zur weiteren Betrachtung unseres Präparates (Fig. 2) zurück: Dicht unter der Epidermis finden wir an einigen Stellen kleinzellige Infiltration, und zwar namentlich dort, wo die Epidermis stark verdünnt ist, (Auf der Zeichnung sieht man in der Tiefe der Falte die verdünnte Epidermisschicht von der Unterlage abgelöst — ein Artefakt, das beim Schneiden des Präparates entstanden ist.) In den tieferen Schichten sehen wir keine Infiltration.

Wenn wir bei stärkerer Vergrößerung die Veränderungen in den Venen näher betrachten, so erscheint die Media am stärksten verändert: an einzelnen Stellen ist sie verdünnt, vorwiegend jedoch verdickt und zeigt zahlreiche elastische und fibröse Streifen. An den Arterienwänden bemerken wir in diesem Präparate, ebenso wie sonst, keine Veränderungen.

Wenn wir zur Prüfung der Analgegend bei Erwachsenen übergehen, so werden wir uns alsbald überzeugen, daß die durch Allingham vertretene Ansicht der Engländer wirklich richtig ist. Es gibt in der Tat keinen erwachsenen Menschen — sei es Mann oder Frau —, welcher keine Hämorrhoidalknoten hätte. Man hat früher den nachteiligen Einfluß der Beschäftigung, der sitzenden Lebensweise u. a. entschieden überschätzt. Wir würden die Ansicht Allinghams dahin modifizieren, daß zwar jeder Erwachsene Hämorrhoiden besitzt, aber nur im pathologisch-anatomischen, nicht im klinischen Sinne. Viele Personen, bei denen wir bei genauerer Untersuchung selbst stärker entwickelte varicöse Veränderungen an den Venen des unteren Mastdarmabschnittes finden, sind in der Tat ganz gesund und haben nicht die geringsten Beschwerden. Ja, wir haben es bei unseren Untersuchungen des öfteren gesehen und das eben auf Fig. 2 abgebildete Präparat, entnommen von einem 13jährigen Knaben, beweist das gleichfalls, daß pathologisch-anatomische Veränderungen in den Mastdarmvenen selbst schon im frühen Alter vorkommen können. Sie sind jedoch bei ganz jungen Kindern etwas seltenes, obschon einzelne Autoren sie auch da beobachtet und beschrieben haben, wie z. B. Ch. Ball bei einem 6- und 8jährigen Kinde, Allingham bei einem 3jährigen, Ogston bei einem Neugeborenen, Lannelongue bei einem mehrtägigen und Quénu bei einem 13jährigen Mädchen. Klinisch bleiben trotz alledem die Hämorrhoiden eine Krankheit der Erwachsenen, und es ist nicht die Größe der Knoten, welche die Kranken bestimmt, ärztliche Hilfe zu suchen, sondern vielmehr die begleitenden Komplikationen, welche ihnen Schmerzen und andere Beschwerden bereiten.

Gestützt auf unsere pathologisch-anatomischen Untersuchungen können wir nicht die allgemein verbreitete Ansicht bestätigen, daß Hämorrhoiden häufiger bei Männern als bei Frauen vorkommen (nach Ball 5:3). Wir haben varicöse Veränderungen an den Mastdarmvenen ebenso häufig bei den Frauen wie bei den Männern gefunden. Bei den Frauen tragen häufiger sich wiederholende Schwangerschaften entschieden zu der Entstehung von Hämorrhoiden

bei, obschon nicht in dem Maße, wie zur Entstehung der Varicen an den unteren Extremitäten. Schon in den ersten Schwangerschaftsmonaten — bevor noch die Gebärmutter in dem Grade vergrößert ist, daß von einem Druck auf die Gefäße die Rede sein könnte, bemerken wir nicht selten eine stärkere Injektion der Hämorrhoidalvenen. Wir teilen die Ansicht Sławinskis, daß es sich in diesen Fällen mehr um einen reflektorischen Nerveneinfluß handelt, infolgedessen mehr Blut zu den Gefäßen im Becken hinzuströmt. Diese Blutkongestion können wir als hinreichend zur Entstehung der Hämorrhoidalknoten ansehen, zumal da im weiteren Verlauf der Schwangerschaft noch andere schädliche Einflüsse hinzukommen, wie der Druck der vergrößerten Gebärmutter und die bei den Schwangeren so häufige Stuhlverstopfung.

Demnächst geben wir die Zeichnung (Fig. 4) eines Präparates, welches von einer 31 jährigen Schwangeren herstammt, bei der man schon makroskopisch ziemlich starke äußere und kleine innere Hämorrhoidalknoten bemerken konnte. Bei näherer Betrachtung des Präparates bemerken wir zwei Höcker an den schon früher erwähnten Stellen: einen am unteren Rande des Sphincter int., den anderen an der Haut-Schleimhaut-Übergangsstelle. Der erste ist von verdünnter Schleimhaut überzogen, deren oberflächliche Schichten — wenn auch nicht sehr stark — in ihrer ganzen Ausdehnung kleinzellig infiltriert sind. In der submukösen Schicht, deren Dicke — wie gewöhnlich bei den Hämorrhoiden — das mehrfache der normalen beträgt, fällt uns eine überaus große Anzahl von Blutgefäßen auf, die mehr oder weniger mit Blut ausgefüllt sind. Meistenteils sind es erweiterte Venen, seltener Kapillaren; die Arterien sind fast gar nicht verändert. Wir bemerken auch kleine, mit Endothel ausgekleidete Bluträume, in deren Lumen hier und da Reste der atrophierten Zwischenwände hineinragen. Es fällt nicht schwer zu erkennen, daß sie aus zwei oder mehreren erweiterten Venen entstanden sind, deren Wände dicht aneinander gedrängt allmählich usuriert worden sind, und nur in das Lumen hineinragende Leisten sind stehen geblieben.

Die Wände der erweiterten Venen sind meistenteils verdünnt; bei einigen bemerken wir aber im Gegenteil eine Verdickung, die auf einer stärkeren Entwickelung der elastischen und teilweise auch der Muskelschicht beruht.

Die Arterien sind meist gar nicht verändert. Das Bindegewebe, in welchem die Gefäße verlaufen, ist stark verdichtet und sklerotisch.

Der Abschnitt der Mastdarmwand, der sich zwischen den beiden Höckern befindet, ist auch nicht normal, sondern zeigt ähnliche Veränderungen, wie die eben beschriebenen, wenn auch in geringerem Grade.

Gehen wir zur Betrachtung des unteren Höckers über, welcher einen äußeren Hämorrhoidalknoten darstellt, so bemerken wir auf den ersten Blick einige große Lakunen, die mit Blut ausgefüllt und von Endothel ausgekleidet sind. Mehrere dieser Lakunen liegen dicht nebeneinander und bilden gleichsam ein Ganzes. In den schmalen Zwischenräumen sehen wir nicht selten feine Gefäße verlaufen. An einer Stelle bemerken wir, daß die Scheidewand zwischen zwei solchen Lakunen nicht nur verdünnt, sondern ganz durchbrochen ist, so daß die Blutgerinnsel hier ineinander übergehen und ein bisknitförmiges Ganze bilden. Auf der größten Hervorwölbung des Höckers sehen wir unter der Epidermis eine mit Blut ausgefüllte Höhle, welche sich jedoch von den vorhin beschriebenen Lakunen dadurch unterscheidet, daß sie nicht mit Endothel ausgekleidet ist. Wir haben es hier mit einem Extravasat zu tun, und in seiner Umgebung sehen wir auch ein dichtes, kleinzelliges Infiltrat. Außerdem bemerken wir noch an verschiedenen anderen Stellen kleinere Extravasate, die von entzündlichen Infiltraten umgeben sind. Diese Lakunen, welche den äußeren Hämorrhoidalknoten bilden, berühren oben den Sphincter int. und bohren sich sogar in ihn hinein. In dem Muskel selbst sehen wir hier und da stark erweiterte, sehr dünnwandige Gefäße, die zwischen den auf diese Weise auseinandergedrängten Muskelbündeln liegen. Dieser Befund widerspricht der Behauptung Reinbachs, daß wir in den Muskeln keine varicöse Veränderungen und Erweiterung der Gefäße mehr vorfinden. Diese Behauptung wird noch mehr widerlegt durch das Präparat No. 99. Fig. 5, wo wir den Sphinkter int. gleichsam zerfasert sehen von den ungemein zahlreichen erweiterten Gefäßen. Dieses Bild macht auf uns den Eindruck, als wenn der Hämorrhoidalknoten in die Tiefe dringend bestrebt wäre, den ganzen Muskel mit seinem erweiterten Venennetze zu durchsetzen und ihn ebenso wie das Unterhautzellgewebe in kavernöses Gewebe umzuwandeln.

Auf diesem Präparate können wir sehr genau auch die weitere Entwicklung der Hämorrhoidalknoten studieren. Wenn wir den inneren Hämorrhoidalknoten hier näher betrachten, so werden wir uns überzeugen, daß ihn vorwiegend eine große Anzahl verhältnismäßig feiner, wenn auch erweiterter Venen bildet, welche dichte Netze und Knäuel bilden, während die äußeren Hämorrhoidalknoten

sich dadurch von den inneren unterscheiden, daß sie von einer kleineren Anzahl, aber stärker erweiterter Venen gebildet werden. Die äußeren Hämorrhoidalknoten sehen ihrem Baue nach den Varicen an den unteren Extremitäten ähnlich, während die inneren mehr an die kavernösen Angiome erinnern. Wir sehen jedoch auf Fig. 5, wo ein innerer Hämorrhoidalknoten abgebildet ist, da er im Niveau der Haut-Schleimhaut-Übergangsstelle liegt, daß er trotzdem einem äußeren Knoten seinem Baue nach ähnlich ist. Wir haben nämlich hier erweiterte Venen größeren Kalibers, die sich sogar nicht mehr als einzelne Venen darstellen, sondern das Ganze macht den Eindruck eines Angioms, das gebildet wird von großen, nicht sehr zahlreichen Bluträumen, die mit Blutgerinnseln ausgefüllt sind und voneinander getrennt werden durch sehr schmale, dünne Zwischenräume, so daß an einzelnen Stellen das Endothel der einen Höhle sich fast mit dem der anderen berührt und nur durch eine ganz dünne Lage von Bindegewebe von dem der anderen Höhle getrennt wird; ja, an zahlreichen Stellen sind die Zwischenwände ganz durchbrochen und zwei oder selbst mehrere Räume kommunizieren miteinander, wodurch ein den Angiomen um so ähnlicheres Bild entsteht. Noch deutlicher tritt dieses auf Fig. 6 hervor, wo der ganze innere Hämorrhoidalknoten hauptsächlich von zwei großen Bluträumen gebildet wird (aus dem einen ist das Blutgerinnsel beim Schneiden mit dem Mikrotom herausgefallen). Wie aus den in das Innere der Lakunen hineinragenden kleinen Leisten deutlich zu sehen ist, sind diese Bluträume aus mehreren erweiterten Blutgefäßen entstanden, deren Wände an einzelnen Stellen so stark verdünnt sind, daß sie nur aus Endothel und einer sehr dünnen Lage zerstreuter und zerrissener elastischer Fasern bestehen, welch letztere an anderen Stellen vollständig fehlen können. Aber nicht alle die Hämorrhoidalknoten zusammensetzenden Blutgefäße haben verdünnte Wandungen. In einzelnen Fällen sehen wir im Gegenteil, daß die Gefäßwände verdickt sind oder wenigstens keine Zeichen von Verdünnung oder Atrophie zeigen. Sehen wir uns z. B. unseren Fall 25, Fig. 7, an. Wir haben es hier mit einem äußeren Hämorrhoidalknoten zu tun, der von nur wenig erweiterten, aber zahlreichen Blutgefäßen gebildet wird, deren Wände gar nicht dünner als normal, sondern im Gegenteil dicker sind. Diese Verdickung beruht vornehmlich auf einer Vermehrung der elastischen Elemente in ihnen. Eine Verdickung der Gefäßwände finden wir auch in anderen Präparaten, wenn auch unzweifelhaft seltener als eine Verdünnung. Die Wandverdickung kann durch Veränderungen

in den verschiedenen Schichten bedingt seiu, jedoch selten nur dnrch Verdickung der Muskularis, die im Gegenteil für gewöhnlich verdünnt erscheint, ja, sogar was die Muskelsubstanz betrifft, atrophisch: an ihre Stelle treten Bindegewebsbündel, die sich nur schwach färben und deren stärkere Entwicklung eben die häufigste Ursache der Gefäßwandverdickung ist. Manchmal jedoch ist dieselbe auch durch eine Vermehrung der elastischen Elemente bedingt. Nicht selten treten entzündliche Erscheinungen auf in Form von kleinzelliger Infiltration, jedoch nur in den oberflächlichsten Schichten. Die verhältnismäßig geringsten Veränderungen erleiden die Arterienwände, an denen höchstens geringfügige Zeichen von Periarteriitis zu sehen sind. Deshalb ist es eigentlich unverständlich, wie einzelne frühere Autoren arterielle Hämorrhoidalknoten beschreiben konnten. Dies läßt sich vielleicht dadurch erklären, daß es damals an mikroskopischen Untersuchungen fehlte und man sich auf das eine klinische Symptom stützte, daß in etlichen Fällen auch bei geringer Verletzung eine ziemlich heftige arterielle Blutung aufgetreten war. Dieses Symptom läßt sich aber ganz leicht dadurch erklären, daß dicht neben dem Hämorrhoidalknoten oder selbst zwischen den ihn zusammensetzenden Venen eine kleine Arterie verläuft und dann zu einer solchen Blutung Veranlassung geben kann. Quénu sucht auf eine andere Weise diese arteriellen Blutungen zu erklären: Er weist darauf hin, daß, wenn nur die kleinen Venen erweitert wären und nicht auch die Kapillaren, der Blutkreislauf erschwert sein müßte. Da aber auch die Kapillaren erweitert sind und die Summe ihrer Durchschnitte vergrößert erscheint, so ist die Zirkulation in ihnen erleichtert und beschleunigt, wodurch sie gleichsam eine Fortsetzung der kleinsten Arterien darstellen, so daß sich in ihnen noch arterielles Blut und zwar unter einem ziemlich hohen Druck befinden kann.

Was die überziehende Haut resp. Schleimhaut anbetrifft, so ist sie für gewöhnlich verdünnt und das um so mehr, je größer die Hämorrhoidalknoten. So sehen wir z. B. auf Fig. 8 die Epidermis über dem äußeren Hämorrhoidalknoten stark verdünnt. Dieses Präparat stammt von einem 60 jährigen Mann, der an Hämorrhoiden gelitten hat, und zeigt noch einige interessante Einzelheiten. Zuerst sehen wir auf einem langen dünnen Stiel einen Hämorrhoidalknoten, der aus mehreren größeren, mit Blut angefüllten Laknnen besteht. Außerdem sieht man eine große Anzahl kleinerer Gefäße und auf der Höhe des Knotens eine Ulceration, deren Grund von einer dichten kleinzelligen Infiltration mitten in einer Fibrinablagerung

gebildet wird, dargestellt; darüber fehlt das Epithel. Der zweite, mehr proximal gelegene Hämorrhoidalknoten zeigt andere charakteristische Merkmale, die wir zwar noch an anderen Präparaten, aber niemals so deutlich gesehen haben. Wir bemerken namentlich hier und da mehrere Gefäße nahe beieinander im dichten Bindegewebe liegen. Diese kleinen Gefäßgruppen bilden mit dem sie umgebenden dichteren Bindegewebe gleichsam ein besonderes Ganze und sind von der weiteren Umgebung ziemlich scharf abgegrenzt. Das Gewebe in der weiteren Umgebung stellt nämlich ein lockeres und gequollenes Gewebe dar, wie wir es z. B. bei Oedema scroti sehen. Dies Bild können wir uns dadurch erklären, daß in der Analgegend, welche den am niedrigsten gelegenen Körperteil bildet, nach dem Tode ein Senkungsödem entsteht und dadurch das lockere Bindegewebe imbiliert wird, während das dichtere und sklerotische Bindegewebe, welches die Gefäße umgibt, der Imbition widersteht und sich so von der Umgebung deutlicher abgrenzt.

Nicht immer finden wir jedoch die Schleimhaut über den Hämorrhoidalknoten verdünnt; manchmal ist sie normal. oder kann sogar verdickt sein, wie in unseren Fällen Nr. 190 Fig. 9 und Nr. 184, Fig. 10. Trotzdem hier die Hämorrhoidalknoten recht groß sind, entspricht die Dicke der sie bedeckenden Haut resp. Schleimhaut normalen Verhältnissen. Auf beiden Figuren sehen wir die Hämorrhoidalknoten von großen mit Blut gefüllten Lakunen gebildet, die wie gewöhnlich voneinander durch dünne, an einzelnen Stellen sogar ganz atrophierte und durchbrochene Scheidewände getrennt werden; stellenweise nimmt das Bindegewebe, welches die erweiterten Gefäße umgibt, einen faserigen Charakter an. Auf Fig. 9 können wir die gerade nicht seltene Erscheinung beobachten. daß die Entzündung in Form von kleinzelliger Infiltration auch auf die erweiterten Gefäße übergeht und einen geschichteten Thrombus zustande bringt.

Betrachten wir das Präparat Nr. 98, Fig. 11, welches von einer 62jährigen, an Marasmus senilis verstorbenen Frau herstammt, so werden wir uns überzeugen, daß die bei älteren Personen auftretenden Atrophien und senilen Rückbildungsprozesse auch in der Aftergegend zum Ausdruck kommen. Wir sehen hier nicht nur über dem verhältnismäßig kleinen äußeren Hämorrhoidalknoten, der von einigen mittelgroßen Lakunen gebildet wird, die Epidermis verdünnt, sondern auch in weiterer Umgebung, und die submucöse resp. subkutane Schicht zeigt eine verhältnismäßig geringe Tiefe. Diese Schicht besitzt zahlreiche Bündel faserigen Bindegewebes;

die darin vorhandenen, nicht besonders zahlreichen Gefäße haben verdickte und kollabierte Wandungen. Diese Verdickung beruht — wie wir uns bei stärkerer Vergrößerung überzeugen können — auf der Vermehrung des faserigen Gewebes auf Kosten der elastischen und Muskelelemente.

Sehr viele Autoren haben die Ansicht vertreten, daß Krankheiten der Leber und Zirkulationsstörungen im Gebiete der V. portae zur Entstehung der Hämorrhoiden beitragen; deshalb haben wir speziell auf solche Fälle unsere Aufmerksamkeit gerichtet, bei denen die Sektion derartige Störungen nachgewiesen hat, und überdies auf solche, wo infolge von Herzfehlern oder aus anderen Ursachen venöse Stauung entstanden war. Unter den mehr als 200 untersuchten Leichen fanden wir 32 Fälle dieser Art.

Fig. 12, 13, 14 und 15 zeigen uns eben Zeichnungen von Präparaten, die wir von Leichen genommen haben, bei denen die Sektion eine venöse Stauung infolge von Herz- oder Leberkrankheiten nachgewiesen hat.

Bei der Betrachtung all dieser Figuren — und das bezieht sich auch auf die übrigen von den 32 Fällen — ergibt sich zunächst, daß wir umsonst erwartet hatten, besonders große und ausgebildete Hämorrhoiden vorzufinden. Im Gegenteil, so große Knoten, wie wir sie z. B. auf Fig. 5, 6, 8, und 9 abgebildet haben, sind uns nicht entgegengetreten.

Betrachten wir z. B. etwas näher Fig. 12 und 13, die beide von ein und demselben Individuum herstammen. Auf Fig. 13 bemerken wir vor allem, daß die subkutane resp. submucöse Schicht viel breiter ist als normal. Schon mit dem bloßen Auge sieht man, daß sie sehr blaß ist, da sie von sehr lockerem und ödematösem Gewebe gebildet wird; an einzelnen Stellen ist sie einem Schleimgewebe ähnlich. Auf der Abbildung sehen wir nicht diese großen mit Blut angefüllten Lakunen, die sonst bei den Hämorrhoiden vorzukommen pflegen; wir gewahren nur eine erhebliche Anzahl von Blutgefäßen, die bei der bestehenden Stauung sehr stark ausgedehnt und mit Blut angefüllt sind. Bei der Betrachtung dieser Figur haben wir den Eindruck, daß, wenn die ödematöse Schwellung nicht vorhanden wäre — wir überhaupt nicht das Bild von Hämorrhoidalknoten vor uns hätten, sondern eine für das Alter (27 Jahre) zu stark vaskularisierte Schleimhaut, deren Gefäße überdies einen zu großen Querschnitt zeigen. Trotzdem konnten wir bei der makroskopischen Betrachtung dieses Präparates recht erhebliche Hämorrhoidalknoten wahrnehmen; nur waren sie blässer als normal

und ödematös. Ebenso verhielten sich andere Präparate, bei denen Stauung vorhanden war: makroskopisch waren große Hämorrhoidalknoten wahrzunehmen, im Mikroskope suchten wir aber vergebens nach den großen mit Blut angefüllten Lakunen.

Noch eins fällt uns bei der mikroskopischen Untersuchung dieser Präparate auf, daß nämlich nicht nur die Venen und Kapillaren in der submucösen Schicht erweitert sind, sondern auch in gleichem Maße die kleinsten Gefäße in der Schleimhaut selbst. Bei diesen Individuen mit Stauungssymptomen finden wir auch häufiger kleinzellige Infiltrate der Schleimhaut und der Epidermis, die mehr in die Tiefe, als gewöhnlich, dringen. Wir sehen auch, daß die Gefäßwandungen, trotzdem sie durch die starke Anfüllung der Gefäße gedehnt sind, meist verdickt erscheinen, infolge der Vermehrung der elastischen Elemente und noch mehr des fibrösen Gewebes. Ziemlich häufig treffen wir in den Wandungen auch Zeichen vorhandener Entzündung.

Fig. 12 zeigt uns mehr weniger dieselben Verhältnisse, nur sehen wir hier mehr kleinzellige Infiltrate und in der Submucosa finden wir außer der ebenso starken ödematösen Anschwellung an einzelnen Stellen Bündel von dichterem Bindegewebe, das hier und da den Charakter eines sklerotischen Gewebes annimmt.

Einen noch höheren Grad von kleinzelliger Infiltration einerseits, und fibröser Verdichtung andererseits zeigt uns Fig. 14. Wir sehen hier die Schleimhaut aufgelockert, dicker; die feinen Blutgefäße in ihr stark mit Blut angefüllt und erweitert; zwischen ihnen kleinzellige Infiltrate, die in die Submucosa hineindringen, wo sie vornehmlich die Gefäße begleiten, deren Wandungen verdickt und entzündlich verändert sind (stellenweise deutliche Endophlebitis). Hier und da finden wir einen Thrombus, der auch kleinzellig infiltriert ist. Wir haben in diesem Falle also vor allem Symptome einer Entzündung, und schon bei der makroskopischen Betrachtung der Schleimhaut des unteren Mastdarmabschnittes bemerkten wir, daß sie stärker injiziert und mit Schleim bedeckt war.

Ähnliche, nur noch stärker ausgeprägte Entzündungssymptome bemerken wir im Falle 79 (Fig. 15). Er betrifft eine 29jährige Frau, welche an chronischer Lungentuberkulose gestorben war. Wir haben in diesem Falle keine Stauungssymptome, so daß das Bild nicht getrübt wird durch ein Ödem der submucösen und subkutanen Schicht. Auf Fig. 15 fällt uns nebst einem äußeren Hämorrhoidalknoten vor allem die starke kleinzellige Infiltration auf. Auch die Blutgefäße zeigen schon bei schwacher Vergrößerung einen hohen

Grad von entzündlichen Veränderungen: sie sind stark erweitert, mit Blut angefüllt und von kleinzelliger Infiltration umgeben. Diese entzündlichen Veränderungen betreffen nicht nur die oberflächlichen Schichten der Haut, sondern reichen tief in die Subkutis hinab.

Fig. 16, welche von demselben Präparate herstammt, aber die Übergangsstelle der Haut in die Schleimhaut darstellt, zeigt uns dieselben Verhältnisse. Wir bemerken hier nur noch reichlichere kleinzellige Infiltrate, noch stärker ausgedehnte und mit Blut angefüllte Gefäße und stellenweise Blutextravasate. In diesem Falle sahen wir bei der makroskopischen Untersuchung nicht sehr große, aber recht stark gerötete und mit blutigem Schleim bedeckte Hämorrhoidalknoten; was vollständig dem mikroskopischen Bilde entspricht.

Aber kehren wir zurück zur Besprechung der Veränderungen in den Fällen von Hämorrhoidalknoten, in denen Symptome venöser Stauung vorliegen. Das Präparat Nr. 40 (Fig. 17) stammt von einem 58jährigen Schwimmlehrer her, der stark dem Alkoholmißbrauch ergeben war. Die Sektion ergab Cirrhosis hepatis, ein starkes Ödem der unteren Extremitäten, des Scrotum und der ganzen Rückenhaut, sowie eine starke Ansammlung freier Flüssigkeit in der Bauchhöhle und tuberkulöse Veränderungen in den Lungen. Nach Spaltung des Rektum konstatieren wir ziemlich starke äußere und kleinere innere Hämorrhoidalknoten. Diese Knoten machen den Eindruck, daß sie ebenso ödematös angeschwollen sind, wie die ganze Rücken- und Gesäßhaut. Daß das wirklich der Fall ist, können wir uns an dem mikroskopischen Bilde, welches Fig. 17 darstellt, überzeugen. Wir sehen hier, das den großen äußeren Hämorrhoidalknoten nicht große, mit Blut angefüllte Lakunen und stark erweiterte Gefäßknäuel bilden, sondern nur lockeres und stark ödematöses Bindegewebe, in dem sich ziemlich zahlreiche kleinere Bluträume und Knäuel von Gefäßen befinden. Dieses Bild ist sehr charakteristisch und haben wir es schon teilweise bei der Beschreibung des 1. Falles (Fig. 8) besprochen. Die Gefäße sind nicht ohne Ordnung in dem ödematösen Bindegewebe zerstreut, sondern mehrere von ihnen bilden kleine Gruppen, welche von einer Zone dichteren Bindegewebes umgeben sind. Wenn man uns bei stärkerer Vergrößerung solche Gruppen zeigen würde, so könnten wir glauben, daß es sich um ein Angioma cavernosum handle, mit stark ausgebildetem und sklerotischem Zwischengewebe und kleinen mit Blut angefüllten Räumen.

Damit wollen wir die Beschreibung unserer pathologisch-ana-

tomischen Untersuchungen beenden und zu Betrachtungen allgemeinerer Natur übergehen, und zwar zu entscheiden versuchen, ob wir mit **Reinbach** die Hämorrhoidalknoten als gutartige Neubildungen, als Angiome, ansehen sollen, oder vielmehr bei der alten Ansicht **Hippokrates** stehen bleiben, daß die Hämorrhoiden nichts weiter als Varicen der Hämorrhoidalvenen sind. Vor allem ist hervorzuheben, daß, wenn wir die Hämorrhoiden als Angiome ansehen sollten, ein jeder erwachsene Mensch in seinem Mastdarme Neoplasmen, freilich gutartige, besitzen würde, und überdies wären diese Neubildungen nicht etwa von begrenzter Anzahl, sondern würden den ganzen unteren Mastdarmabschnitt einnehmen. Wie wir an unseren Präparaten gezeigt haben, sind pathologisch-anatomische Veränderungen nicht nur an den Stellen vorhanden, wo wir makroskopisch Hämorrhoidalknoten sehen, sondern wir finden sie auch in den höher gelegenen Partien des unteren Mastdarmabschnittes.

Ebenso und vor allem spricht gegen die **Reinbach**sche Ansicht der Umstand, daß wir bei unseren an mehr als 200 Leichen vorgenommenen Untersuchungen in keinem Präparate eine energischere Neubildung von Gefäßen gesehen haben.

Daß man ab und zu schon bei kleinen Kindern Hämorrhoiden gefunden hat, spricht auch nicht gegen die varicöse Natur der letzteren; denn erstens sind das seltene Ausnahmefälle, und zweitens können auch im früheren Alter bei besonders günstigen Verhältnissen Hämorrhoiden entstehen.

Ebensowenig spricht gegen die varicöse Natur der Hämorrhoiden die Tatsache, daß nach der Operation selten Rezidive eintreten. Erstens sind die Rezidive gar nicht so selten, und zweitens ist es doch sehr leicht erklärlich, daß in den nach der Operation entstehenden Narben und in deren Umgebung nur schwer neue varicöse Erweiterungen der Venen zustande kommen können. Übrigens kann man sich wohl vorstellen, daß die Operation hier ähnlich wirkt, wie die **Trendelenburg**sche Unterbindung bei den Unterschenkelvaricen.

Auch der Umstand, daß die Hämorrhoiden manchmal von selbst verschwinden, um nicht selten wiederzukommen, spricht nicht sehr dafür, daß wir es mit wirklichen Neubildungen zu tun haben. Ebensowenig läßt sich die Behauptung rechtfertigen, die Hämorrhoiden seien deshalb keine Varicen, weil nicht jeder, der mit Hämorrhoiden behaftet ist, an Stuhlverstopfung leidet; Stuhlverstopfung ist ja nicht die einzige Entstehungsursache der varicösen Erweiterung der Venen.

Wir können mit Bestimmtheit behaupten, daß man, wenn man einige Hunderte von mikroskopischen Präparaten durchmustert hat, wie wir es getan, zu der festen Überzeugung kommen wird, daß die Hämorrhoiden nicht Neubildungen sind, sondern einfach Varicen der Hämorrhoidalvenen; dafür sprechen die Bilder der Knoten selbst, dafür spricht ihr Verhältnis zu der Umgebung.

Was die Entstehungsursachen der Hämorrhoiden betrifft, so finden wir in der Literatur, von den ältesten Zeiten angefangen, die verschiedensten Ansichten. Bei der Besprechung der Literatur haben wir schon diese Frage gestreift und werden uns nicht wiederholen. Wir teilen die Ansicht derer, welche als das wichtigste ätiologische Moment die häufig sich wiederholende Blutüberfüllung dieser Körpergegend ansehen, sei sie passiv oder aktiv. Die Ursachen dieser Hyperämie können die verschiedensten sein; manchmal wirken mehrere zusammen, um eine so starke und langdauernde Hyperämie hervorzurufen, wie sie zur Bildung der Hämorrhoiden notwendig ist. Man kann nicht einen gewissen Einfluß der Prädisposition und Erblichkeit ableugnen. Ja, auch die Rasse spielt hier eine Rolle; schon Hippokrates wußte, daß die Völker des Orients speziell zur Hämorrhoidalerkrankung neigen, was wir heutigentags so häufig an den Juden bestätigt finden.

Die Plethora abdominalis der alten Autoren ist gewiß nicht ganz ohne Einfluß auf die Entstehung der Hämorrhoiden. Sehen wir doch bei Leuten, die sich übermäßig ernähren, eine gewisse Neigung zur Entstehung von Hämorrhoiden, was gewiß damit zusammenhängt, daß durch übermäßiges Essen ein vermehrter Blutzufluß zu den Verdauungsorganen bedingt wird. Auch Leute, welche vorwiegend Fleischspeisen genießen, neigen zur Hämorrhoidalbildung schon deshalb, weil sie gewöhnlich an Stuhlverstopfung leiden, und der stauende Kot die Mastdarmschleimhaut reizt. Zur passiven Hyperämie in dieser Gegend führt sitzende Lebensweise, während Exzesse in venere eine aktive Hyperämie hervorrufen, indem sie einen vermehrten Blutzufluß zu den Beckenorganen bedingen. So läßt sich ein gewisser Zusammenhang zwischen Onanie und der Entstehung von Hämorrhoiden nicht ganz ableugnen.

Wir müssen nochmals als eine der wichtigsten Ursachen für die Entstehung der Hämorrhoiden die sich häufig wiederholende Hyperämie des unteren Mastdarmabschnittes mit Nachdruck hervorheben. Sowohl Obstipation, wie länger dauernde Diarrhöen können denselben Einfluß haben. Auch Unreinlichkeit, Abwischen

mit hartem oder bedrucktem Papier, noch mehr Anwesenheit von Eingeweidewürmern können den gleichen schädlichen Einfluß ausüben. Ebenso kann Entzündung der Gebärmutter und ihrer Adnexe ein ätiologisches Moment abgeben.

Einige halten die Prostatahypertrophie und die sie begleitenden Symptome von seiten der Blase — wie das heftige und langdauernde Pressen bei der Urinentleerung — als ein begünstigendes Moment für die Entstehung der Hämorrhoiden; aber ohne Zweifel hat auch Quénu recht, wenn er behauptet, daß in einzelnen Fällen gerade das Umgekehrte der Fall ist, daß nämlich die häufigen Blutkongestionen, wie sie bei den Hämorrhoiden vorkommen, zur Entstehung der Prostatahypertrophie beitragen können.

Was den Einfluß der Herz- und Leberkrankheiten auf die Entstehung der Hämorrhoiden betrifft, so haben wir bei der Untersuchung der zahlreichen diesbezüglichen Präparate den Eindruck gewonnen, daß dieser Einfluß nicht gar so groß ist, wie für gewöhnlich angenommen wird. Wie wir schon oben hervorgehoben haben, rufen diese Krankheiten wohl eine ödematöse Anschwellung der schon bestehenden Hämorrhoidalknoten und dadurch eine Vergrößerung derselben hervor, aber ein besonders wichtiges ätiologisches Moment scheinen sie nicht darzustellen.

Indem wir in dieser Weise die Ätiologie der Hämorrhoiden kurz skizzierten, wollten wir damit nochmals unserer Ansicht Ausdruck geben, daß wir die Theorie, die Hämorrhoiden seien wirkliche Neubildungen, nicht anerkennen können; im Gegenteil, wir wiederholen den Ausspruch des **Hippokrates**: „Haemorrhoides nihil aliud sunt, quam varices venarum ani".

Literaturverzeichnis.

1. **Aëtius**, Tetrabiblion IV, Sermo II, cap. 5.
2. **Avicenna**, Canon medicinae. Lib. III, fen. 17, Tract. 1.
3. **Ashton**, Die Krankheiten des Rektum und Anus. Würzburg 1863, S. 44, 95.
4. **Allingham**, Maladies du Rectum (traduct. **Poinsot**) 1877.
5. **Arron**, Pièces déposées au Musée de **Clamart** 1891.
6. **Beck, A.**, O zmianach ciśnienia krwi w żyłach. Rozpr. Akad. Umiejęt. Ser. II, T. VII.
7. **Beurnier, L.**, Les varices. Bibliothèque médicale Charcot-Debove.

8. Billroth und Winiwarter, Die allgemeine chirurgische Pathologie und Therapie. 15. Aufl. 1893.
9. Braune, W., Beiträge zur Kenntnis der Venenelastizität. Beiträge zur Anat. uud Physiol. 1874.
10. Buhl, H., Beitrag zur Frage der Behandlung der Varicen. Inaug.-Diss. Berlin 1896.
11. Billroth, Untersuchungen über die Entwicklung der Blutgefäße. Berlin 1856.
12. Boyer, Ph. und bei Lehert, Traité d'anat. pathol. Vol. II.
13. Bryaut, Th., Guy's Hosp. Rep. 1861. Ser. III, Vol. VII.
14. Bell, John, The principles of Surgery. London 1826.
15. Boas und Karewski, Die Behandlung der Hämorrhoiden. Therapie der Gegenwart 1899, Okt.
16. Barwinkel, Hämorrhoidalknoten im frühesten Kindesalter. Münchner med. Wochenschr. 1900, 12.
17. Cohnheim, J., Vorlesungen über allgemeine Pathologie.
18. Cornil, V., Sur l'anatomie pathol. des veines variqueuses. Arch. de Physiol. IV, 1872.
19. Cornil et Ranvier, Manuel de histologie pathologique. Paris 1869—73.
20. Cruveilhier, Traité d'anatomie path.-géuérale. Paris 1852.
21. Derselbe, Anatomie path. du corps humain 1835—42.
22. Celsus, Medicina lib. VI, Cap. 28.
23. Chaussier, Zit. bei Virchow, Geschwülste III, S. 430.
24. Cullen, Ibidem.
25. Curling, Die Krankheiteu des Mastdarms. 1853.
26. Comby, J., Haemorrhoides chez les enfants. Arch. méd. 21, 1902.
27. Delbet, Du rôle d'insuffisanee volvulaire de la saphène interne dans les varices du membre inferieur. Sémaine méd. 1897. No. 47.
28. Dictionnaire des sciences médicales. Bruxelles 1830, XIII.
29. Dmitrjeff, A., Die Veränderung des elast. Gewebes der Arterienwände bei Arteriosklerose. Beiträge von Ziegler 1897, 21.
30. Duret, Recherches sur la pathogénie des haemorrhoides. Arch. gén. de méd. 1879.
31. Duplay et Reclus, Traité de chirurgie.
32. Djakonoff, Haemorrhoides. Chirurgie VII, 39.
33. Eberhardt, A., Über den körnigen Zerfall und Querzerfall der elastischen Fasern und Platten. Inaug.-Dissert. Dorpat 1892.
34. Epstein, S., Über die Struktur normaler und ektatischer Venen. Virchows Archiv, Bd. 108, 1887.
35. Eulenburg, Real-Enzyklopädie 1890, XX.
36. Foerster, Lehrbuch der path. Anatomie. 1873.
37. Derselbe, Haudbuch der speziellen path. Anatomie. 1854.
38. Froriep, Chirurgische Kupfertafeln.
39. Follin et Duplay, Pathologie externe 1881, VI.
40. Fuchs, De haemorrhoidibus juniorum, Halae 1727.
41. Grosmaire, Considération sur les varices du membre inférieur. Thèse. Nancy 1899.

42. Groß, Rohmer, Vautrin, Nouveaux éléments de la pathologie chirurgicale générale. 1898, II Paris.
43. Grünstein, Über den Bau der größeren menschlichen Arterien in verschiedenen Altersstufen. Arch. f. mikr. Anatomie 1896.
44. Hassan, Des varices des membres inférieurs. Thèse de Paris 1877.
45. Hippokrates, Ed. Kühn T. III.
46. Galenus, Comment. V in libro VI, Hippocrat.
47. Gendrin, Zit. bei Virchow, Geschwülste III.
48. Hueter-Lossen, Lehrbuch der Chirurgie, II.
49. Hoffmann, Tr. Med. rat. syst. Hal. 1736.
50. Haller, Icones fasc. IV, Goett. 1749.
51. Frank, J. P., De curandis hominum morbis. Mannheim 1807, I.
52. Henle, Handbuch der Eingeweidenlehre des Menschen.
53. Hermann, De haemorrhoidibus. 1757.
54. Eichhorst in Eulenburgs Realenzyklopädie, Bd. 9.
55. Gosselin, Leçons sur les hémorrhoides. 1866.
56. Esmarch, Die Krankheiten des Mastdarms. 1887.
57. Hartmann et Lieffring, Bull. de la Soc. anat. 1893.
58. Gunkel, Freie Vereinigung Berliner Chirurgen. 1901.
59. Houzel, Paris 1903, zit. bei Comby.
60. Hodora, Die Histologie der Varicen. Monatsh. f. prakt. Dermat. 1895.
61. Holtzmann, Über die Varicen der unteren Extremitäten. Inaug.-Dissert. Straßburg 1898.
62. Hoyer, Strojenje krowienosnych sosudow. Petersburg 1888.
63. Hughes, The etiology of varicose veins. Brit. med. Journal 1887.
64. Howship, Pract. observ. on the symptoms, discrimination and treatment of some of the most important diseases of the lower intestine and anus. London 1824.
65. Junker, De hemorrhoidibus. 1747.
66. Jores, Über die Neubildung elastischer Fasern in der Intima bei Endarteriitis. Zieglers Beiträge, Bd. 24, 1898.
67. Koelliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen.
68. Kirchenberger, Ätiologie und Histologie der varicösen Venen-Erkrankungen und ihr Einfluß auf Diensttauglichkeit. Wien 1893.
69. Klotz, Untersuchungen über die V. saphena magna. Arch. f. Anat. und Phys. 1887, I.
70. Koporovskij, Kwoprosu ob izmienienii elasticzeskoj tkani w arterjach w tieczenii brjusznago tifo. Dissertation. Petersburg 1892.
71. Krämer, Über die Ätiologie und chirurgische Therapie der Varicen an den unteren Extremitäten. Münchner med. Wochenschr. 1893, Nr. 38.
72. König, Lehrbuch der Chirurgie.
73. Kijewski, Guzy haem. Pamięt. Tow. lek. Warsz. 1884—1886.
74. Krause, Spezielle und mikr. Anatomie. 1872.
75. Lebert, Traité d'anatomie patologique générale et spéciale. Paris 1857.
76. v. Lesser, Über Varicen. Virchows Archiv, Bd. 101, 1885.
77. Levaschlew, Zur Frage über den Einfluß von Blutdrucksteigerungen auf die Elastizität der Gefäßwandung. Zeitschr. für klin. Med 1885, Bd. 9.

78. Ludwig, Adversaria med. pract. Lips. 1771. Vol. II, 2.
79. Nonro, The morbid. anat. of the human gullet, S. 202. (Zit. bei Virchow, Geschwülste.)
80. Lepelletier, bei Vidal, Traité de path. ext. Paris 1846, IV.
81. Lebel, Monographie des hémorrhoïdes. 1873.
82. Mollière, Traité des maladies du rectum et de l'anus. 1877.
83. Mandelberg, Gazette des hôpitaux 1897.
84. Levis. S. Pitscher, On the pathology and treatment of aggravatet haemorrhoids. Annals of surgery, Vol. XI.
85. Manchot, Über die Entstehung der wahren Aneurysmen. Virchows Arch., Bd. 121.
86. Marey, La circulation du sang à l'état physiologique et dans maladies. Paris 1881.
87. Mehnert, Über die topographische Verbreitung der Angiosklerose usw. Inaug.-Dissert. Dorpat 1888.
88. Moreay, Contribution à l'étiologie des varices. Thèse de Paris 1877.
89. Lannelongue, Nouveau dictionnaire de médicine et de chirurgie. Paris 1873.
90. Orth, Lehrbuch der speziellen path. Anatomie.
91. Palmgren, Über Phlebektasien usw. Inaug.-Dissert. Greifswald 1889.
92. Pochelt, Das Venensystem in seinen krankhaften Verhältnissen. 1818.
93. Praeger, De haemorrhoidibus fluxu nunc salutari, nunc autem noxis 1764.
94. Quénu, Etude sur les veines du rectum et de l'anus. Bull. de la Soc anat. 1892.
95. Derselbe, Etude sur les hémorrhoides. Rev. de chir. 1892, 1893.
96. Derselbe u. Hartmann, Chirurgie du rectum.
97. Récamier, Union méd. 1850, No. 66.
98. L. Rydygier (sen.), O haemorrhoidach. Now. lek. 1898.
99. Reinbach, Path.-anat. und klin. Beiträge zur Lehre von den Hämorrhoiden. Bruns' Beitr. 19, 1897.
100. Derselbe, Hämorrhoiden. Enzyklopädie der Chir. Kocher-Quervain.
101. Rotter, Hämorrhoiden, im Handbuch der Chirurgie. v. Bergmann und v. Bruns.
102. Remington, A simple operation for the radical treatment of haem Journ. of the americ. med. assoc. 1901.
103. Riedinger, Über Behandlung der Hämorrhoiden. Deutsche med. Wochenschrift 1906, 34.
104. Rindfleisch, Lehrbuch der path. Gewebe. 1867—1869.
105. de Larroque, Traité de hémorrh. Thèse de Paris 1812.
106. Recamier, Sur les hémorrh. 1800.
107. Ranvier, Zit. bei Quénu.
108. Rindfleisch, Der miliare Tuberkel. Virchows Arch., Bd. 24.
109. Ranber, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 1898.
110. Rémy, Etiologie etc. de varices. Rev. de chir. 1898.
111 Ribbert, Lehrbuch der path. Anatomie. 1896.
112. Richard, Etudes sur la phlebectasie superficielle etc. Thèse de Paris 1876.

113. Della Rovere, Sulle fibre elast. d. vene etc. Anat. Anzeiger 1897.
114. Sack, Über Phlebosklerose. Inaug.-Dissert. Dorpat 1887.
115. Schambacher, Über die Ätiologie der varicösen Venenerkrankung Deutsche Zeitschr. f. Chir. 1899.
116. Schneider, Die Varicen usw. Inaug.-Dissert. Erlangen 1890.
117. Schulman, Inaug.-Dissert. Dorpat 1892.
118. Sohoroff, Untersuchungen über den Bau der Venen. Virchows Archiv Bd. 54, 1872.
119. Strümppel, Lehrbuch der speziellen Pathologie und Therapie.
120. Stahl, Abhandlung von der goldenen Ader. Leipzig 1729.
121. Soemmering, in Baillie, Anat. des krankhaften Baues, S. 101, Anm. 209
122. Stiebel, Caspers Wochenschr. 1851.
123. Schrader, De haem. gravidarum. 1727.
124. Thoma, Über Elastizität der Arterien. Virchows Archiv, 1889
125. Derselbe, Über Aneurysmen. Virchows Archiv, Bd. 111, 112, 113.
126. Derselbe, Über Aneurysmen. Deutsche med. Wochenschr. 1889.
127. Tigerstedt, Lehrbuch der Phys. des Kreislaufes.
128. Trendelenburg, Über die Unterbindung der V. saph. magna. Beiträge z. klin. Chir. 1891.
129. Tillaux, Traité d'anatomie topogr. 1882.
130. Truka de Krzowitz, Historia haem. omnis aevi observata medica continens. 1794.
131. Virchow, in Virchows Archiv, Bd. 5, 1853.
132. Derselbe, Geschwülste, Bd. 3.
133. Derselbe, Über die Erweiterung kleiner Gefäße. Virchows Archiv, 1851.
134. Vidal, Traité de path. ext. Paris 1861.
135. Villaret, Handwörterbuch der gesamten Medizin, 1900.
136. Vesalius, De fabrica corp. human. Lib. III.
137. Vogel, Handbuch zur Kenntnis und Heilung der Blutflüsse. Stendal 1880.
138. Derselbe, Epistolae ad Hallerum scriptae. Vol. VI.
139. Stawiński, Anat. pat. i patogen Żylaków. Pamięt. Tow. lek. Warsz. 1901.
140. Waegner, Chirurgie von Pitha-Billroth, 1865, II.
141. Weigert, Färbung usw. Zentralbl. f. allgem. Path. und pathol. Anat. 1898.
142. Walaeus, Medic. pract. cap. 18.
143. Wedel, Path. med dogm. Jenae 1692.
144. Weber, Über die Beteiligung der Gefäße an den Neubildungen. Virchows Archiv, Bd. 29.
145. Ziegler, Lehrbuch der allgem. pathol. Anatomie und Pathologie.
146. Wedel, De haem. vesicae. 1783.
147. Zwingmann, Das elast. Gewebe der Aortenwand usw. Inaug.-Dissert. Dorpat 1891.

Tafel I.



Fig.

Vergr. $\frac{24}{1}$

Ruediger-Rydygier



Fig. 4.

Vergr. $\frac{15}{1}$

J. Ruediger-Rydygier

Tafel III.

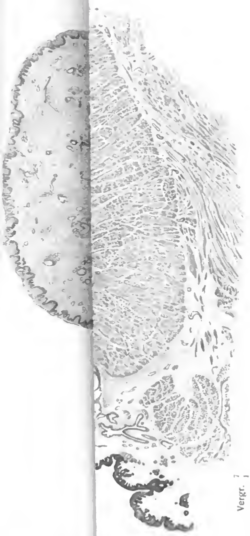


liger-Rydygie

Tafel IV.



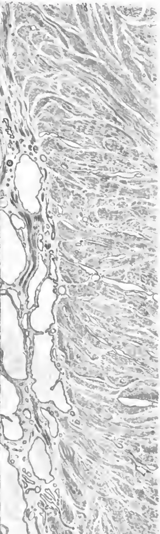
Tafel V.



Vergr. 7/1

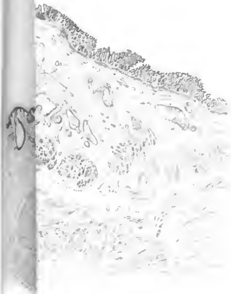
Ruediger-Rydygi

Tafel VI.



Vergr. $\frac{12}{1}$

uediger-Rydygi



Tafel VIII.



Fig. 13.

Vergr. $\frac{24}{1}$

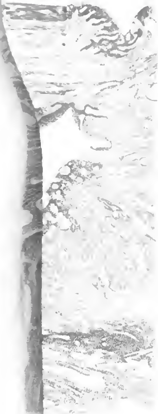
ediger-Rydygier.

Tafel IX.



Fig 15

iger-Rydyg



Ruediger-Rydygier.

Druck von August Pries in Leipzig.

Sammlung
Klinischer Vorträge

in Verbindung mit deutschen Klinikern

[illegible]

Richard Volkmann.

No. 220.

[illegible]

Ueber Pylorusresection

[illegible]

L. Rydygier.

Mit 2 lithographirten Tafeln.

[illegible] für eine Serie von 30 Vorträgen [illegible] Mark
Preis jedes einzelnen Vortrags 75 Pf.

[illegible] September 1882.

Leipzig,

Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.

[illegible]

[illegible]

Sammlung klinischer Vorträge.

Chirurgie.

[illegible]

Volkmann, R. [illegible]

Hack, W. [illegible]

Heinecke, W. [illegible]

Jaffé, K. [illegible]

Kocher, Th. [illegible]

König, F. [illegible]

Lang, Ed. [illegible]

Langenbuch, C. [illegible]

Leisrink, H. [illegible]

Lichtheim, L. [illegible]

Lücke, A. [illegible]

Maas, H. [illegible]

Mandelstamm, E. [illegible]

Michelson, P. [illegible]

v. Mosetig-Moorhof, [illegible]

Oberst, M. [illegible]

Rühlmann, [illegible]

Ranke, H. [illegible]

Reyher, C. [illegible]

Rose, E. [illegible]

Rupprecht, P. [illegible]

Schede, M. [illegible]

Schultze, A. W. [illegible]

Schweigger, A. Th. C. [illegible]

Starcke, P. [illegible]

Thiersch, C. [illegible]

Vogt, P. [illegible]

Volkmann, R. [illegible]

Waldeyer, W. [illegible]

Wölfler, A. [illegible]

Wolff, J. [illegible]

220.

Ueber Pylorusresection.

(Innere Medicin No. 75.)

Von

Ludwig Rydygier
in Kulm a. W

I. Historisches.

Es ist unzweifelhaft das grosse Verdienst Gussenbauer's und v. Winiwarter's[1], durch ihre Thierexperimente bewiesen zu haben, dass die Pylorusresection sehr wohl ausführbar ist, und dass durch Verlust eines so wichtigen Magentheils keine lethale Funktionsstörung eintritt.

Vor ihnen hatte zwar schon Merrem[2] diese Operation an Hunden mit Erfolg ausgeführt und auf seine Versuche gestützt, den Vorschlag zur Exstirpation der Pyloruscarcinome gemacht. Indessen hat sein Vorschlag keine Beachtung gefunden, wie das in jener Zeit wohl nicht anders sein konnte.

Später hat Kaiser[3] unter Czerny's Leitung die Gussenbauer'schen Experimente von Neuem aufgenommen und die früher erhaltenen Resultate nicht nur bestätigt, sondern noch insofern erweitert, als es ihm gelungen ist, den ganzen Magen beim Hunde mit Erfolg zu exstirpiren.

---

[1] C. Gussenbauer und A. v. Winiwarter, Die partielle Magenresection. Eine experimentelle, operative Studie, nebst einer Zusammenstellung der im pathologisch-anatomischen Institute zu Wien in dem Zeitraume von 1817—1875 beobachteten Magencarcinome. v. Lgbck's Archiv Bd. XIX, Heft 3, p. 347 u. f.

[2] Merrem, Animadversiones quaedam chirurgicae experimentis in animalibus factis ill. Auct. D. C. T. Merrem, Med. Doct. Gissae. 1810.

[3] Kaiser, Beiträge zu den Operationen am Magen in Czerny's Beiträgen zur operativen Chirurgie p. 95 u. f.

In letzter Zeit hat auf meine Anregung hin mein früherer Assistent Dr. Wehr[1]) eine Reihe von Thierversuchen in meiner Privatklinik vorgenommen, die speciell die Aufgabe hatten, die Operationstechnik festzustellen, welche am meisten geeignet wäre, auch beim Menschen den Erfolg der Operation möglichst zu sichern.

Indessen sind es nicht diese eben aufgezählten Thierversuche allein, oder auch nur zum grössten Theil, welche die Ausführung der Operation am Menschen sichergestellt haben. Aehnlich wie man die Merrem'schen Versuche anfangs noch als ein Curiosum citirte, dann aber alsbald vergessen hatte, wäre es wahrscheinlich den späteren ergangen, hätte man sich nicht durch verschiedene andere, in der ganzen Länge des Darmtractus unternommene Operationen davon überzeugt, dass die Pylorusresection auch am Menschen gelingen muss.

An erster Stelle sind hier zu erwähnen die in neuester Zeit vielfach mit Erfolg ausgeführten zahlreichen Darmresectionen (cfr. Madelung's[2]) und meine[3]) Zusammenstellung). Sie haben ausser Anderem das Eine sicher gezeigt, dass die Darmwunden sehr geeignet sind, nach entsprechender Naht per primam zu heilen; sie haben uns auch diese entsprechende Naht kennen gelehrt.

Am Oesophagus wies zuerst Billroth[4]) durch Versuche an Hunden nach, dass man Stücke desselben ausschneiden kann und dass derselbe wieder gut zusammenheile unter Bildung einer leicht dilatirbaren Verengerung. Czerny[5]) war der Erste, welcher diese Operation beim Menschen mit Glück ausführte.

Vor allem aber waren es die Operationen am Magen selbst, welche zeigten, dass dieses Organ, was die Fähigkeit per primam zu heilen betrifft, sich ebenso verhält, wie der Darm. Sie beseitigten zugleich die Furcht vor der auflösenden Wirkung des Magensaftes auf die Narbe.

So soll nach Wölfler[6]) schon im Jahre 1521 ein bayerischer Arzt eine Gasterorapbie gemacht haben.

Vor etwa 17 Jahren hat Torelli[7]) wohl die erste Magenresection

---

1) Wehr, Zur Operationstechnik bei Pylorusresection. Centralbl. f. Chir. 1881. Nr. 10, und Experimentelle Beiträge zur Operationstechnik bei Pylorusresection. Dt. Zeitschrift f. Chir. Bd. XVII, 1. und 2. Heft.

2) Madelung, Ueber circuläre Darmnaht und Darmresection. Verhandl. der Dt. Gesellschaft f. Chirurgie X. Congress und Lgbck's. Arch. 27. Bd., 2. Heft.

3) Rydygier, Ueber circuläre Darmresection mit nachfolgender Darmnaht. Berl. Klin. Wochenschrift 1881. Nr. 41 u. f.

4) v. Langenbeck's Archiv f. kl. Chirurgie Bd. XIII, p. 65.

5) Czerny, Neue Operationen. Centralbl. f. Chir. 1877, Nr. 28.

6) Wölfler, Ueber die vom Herrn Professor Billroth ausgeführten Resectionen des carcinomatösen Pylorus. Wien 1881.

7) R. Torelli, Caso straordinario di ferita dello estomaco. Bull. de science med. Bol. 1878 ref. von Escher im Centralbl. f. Chir. 1879. p. 398.

mit Erfolg ausgeführt. Er hat bei einem 29jährigen Manne ein 16 Ctm. im Durchmesser haltendes Stück des Magens abgetragen, welches aus einer Stichwunde des Abdomens prolabirt war und zwei perforirende Wunden hatte. Der Mann war noch nach 13 Jahren vollständig gesund und kräftig.

Billroth[1]) hat behufs Heilung einer Magenfistel die Ränder derselben von den Bauchwandungen abgelöst und durch Nähte vereinigt.

Esmarch[2]) resecirte die degenerirten Ränder einer Magenfistel in der Breite von $^1/_2$—1 Ctm., nähte darauf dieselben und brachte so die Magenfistel zur Heilung.

So war denn die Pylorusresection in jeder Hinsicht auf das Vollkommenste vorbereitet und mit Recht konnte Billroth am Schluss seiner oben erwähnten Arbeit, in der er über seine gelungene Gasteroraphie berichtet, sagen: »Es ist von dieser Operation zur Resection eines Stückes carcinomatös degenerirten Magens nur noch ein kühner Schritt zu machen«.

Diesen kühnen Schritt hat Péan[3]) in Paris zuerst gemacht. — Am 9. April 1879 führte er auf den dringenden Wunsch eines sehr heruntergekommenen Patienten die Pylorusresection behufs Entfernung des carcinomatösen Magentheils aus[4]). Am 5. Tage nach der Operation starb sein Patient an Inanition nach zweimaliger Bluttransfusion, als gerade Vorbereitungen zu der dritten getroffen wurden.

Etwa $1^1/_2$ Jahre später, am 16. November 1880, habe ich[5]) an einem $64^3/_4$jährigen Manne die zweite Operation dieser Art wegen Pyloruscarcinom unternommen, nachdem ich mich vorher durch Versuche an Thieren und an der Leiche zu der Operation vorbereitet hatte. Mein Patient starb 12 Stunden nach der Operation.

Am 29. Januar 1881 führte Billroth[6]) die dritte Pylorusresection aus; es ist die erste, welche in Genesnng endete. Nach kaum 4 Monaten ist leider die Patientin (Therese Heller) an einem Recidiv gestorben.

---

[1]) Billroth, Wiener med. Wochenschrift 1877. Nr. 38.

[2]) Ref. von Neuber auf dem 8. Chirurgencongress und H. Petersen, Eine Magenresection zur Heilung einer Magenbauchwandfistel. Diss. Kiel 1880.

[3]) J. Péan, Diagnostic et traitement des tumeurs de l'abdomen et du bassin. Paris 1880. p. 517 u. f.

[4]) Ich werde sowohl auf diesen Fall, wie auf die weiteren des Genaueren bei Schilderung der Operationstechnik zurückkommen und gebe im Anhang I eine vollständige Zusammenstellung der bis jetzt operirten Fälle, soweit sie publicirt sind.

[5]) Rydygier, Exstirpation des carcinomatösen Pylorus. Tod nach 12 Stunden. Dts. Zeitschrift f. Chir. 14. Bd. 3. und 4. Heft; Przegl. Lek. 1880, Verhandlungen d. Dts. Gesellschaft f. Chirurgie X. Congress.

[6]) Billroth, Offenes Schreiben an Herrn Dr. L. Wittelshöfer, Wien. med. Wochenschrift 1881, Nr. 6; Wölfler, Ueber die vom Herrn Professor Billroth ausgeführten Resectionen des carcinomatösen Pylorus. Wien 1881; Wölfler, Zur Resection des carcinomatösen Pylorus. Wien. med. Wochenschrift 1882, Nr. 14.

Weitere zwei Pylorusresectionen Billroth's hatten einen tödtlichen Ausgang. Eine vierte auf seiner Klinik von Wölfler (l. c.) ausgeführte blieb am Leben und war noch ein Jahr nach der Operation recidivfrei; auch die 5. von Billroth[1] ausgeführte endete in Genesung und blieb recidivfrei.

Nach Billroth haben Bardenheuer (3 Fälle), Kitajewsky, Weinlechner, Jurié, Lücke, Czerny, Berns, Hahn, Gussenbauer und von Langenbeck Pylorusresectionen wegen Carcinom ausgeführt; leider endeten alle mit Ausnahme der Czerny'schen[2] lethal.

In letzter Zeit habe ich[3] meine zweite Pylorusresection gemacht, und zwar wegen eines stenosirenden Ulcus ventriculi, das seinen Sitz in der Pylorusgegend hatte. Die Frau ist genesen und 6 Monate nach der Operation konnte ich sie stark und wohlgenährt auf dem letzten Chirurgencongress vorstellen. Vor Kurzem habe ich sie wieder gesehen und gefunden, dass sie sich in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft befindet, nachdem sie im Februar 1880 zum letzten Mal geboren hat. — Es ist dies der erste Fall von Pylorusresection wegen Ulcus ventriculi ausgeführt.

Die zweite Pylorusresection wegen Ulcus ventriculi hat Lauenstein[4] ausgeführt. Die Natur des Tumors war anfangs unklar, erst die nachträgliche Untersuchung des Präparats hat ergeben, dass es sich um eine starke Verdickung und Verwachsung des Pylorus mit der Umgebung handelte. Der Lauenstein'sche Fall endete lethal.

Zu erwähnen wären hier noch die Albert'schen[5] Versuche, die er Ende 1880 anstellte in der Idee, dass die Entfernung eines grossen Magentheils, und zwar eines so grossen, als es beim Menschen möglich ist, gegen Recidive besser schütze und in der Ausführung leichter wäre, als die Péan'sche Resection. Sein Verfahren ist folgendes: »Zwischen »zwei Klemmen, der Dupuytren'schen Darmscheere ähnlich, wird der »Magen vom Duodenum abgetrennt; der Rest wird wie ein in Klammer »gefasster Stiel einer Cyste behandelt; das Duodenum wird in die Wunde »ringsum eingenäht; es wird also sein Anfangsstück den Eingang zum »Darmcanal bilden.«

Wölfler[6] hat bei inoperablen Pyloruscarcinomen, die eine voll-

[1] Wölfler, Ueber einen neuen Fall von gelungener Resection des carcinomatösen Pylorus. Wien. med. Woch. 1881. Nr. 51.

[2] Kuh, Eine Pylorusresection, Lgbck's Arch. 27. Bd. 4. Heft.

[3] Rydygier, Die erste Magenresection beim Magengeschwür, Berl. klin. Woch. 1882. Nr. 3.

[4] Lauenstein, Ein unerwartetes Ereigniss nach der Pylorusresection. Centralbl. f. Chir. 1882. Nr. 9.

[5] Albert, Lehrbuch der Chirurgie. 2. Aufl. III. Bd. p. 379.

[6] Wölfler, Gastro-Enterotomie, Centralbl. f. Chirurgie 1881. Nr. 45.

ständige Stenose hervorgerufen haben, die Gastro-Enterotomie, die Herstellung einer Magendünndarmfistel, vorgeschlagen.

II. Indicationen.

Wir haben schon im Vorhergehenden zweier Indicationen erwähnt, auf welche hin Pylorusresectionen unternommen worden sind:

1. Resection wegen stenosirenden Ulcus rotundum der Pylorusgegend, sei es, dass das Geschwür noch offen durch Verdickung der Wandungen oder durch Verwachsungen mit den Nachbartheilen den freien Ausfluss der Speisen aus dem Magen hemmt; sei es, dass es schon verheilt durch narbige Verengerung denselben Effekt hervorbringt.

Selbstverständlich wird man vor dem operativen Eingreifen alle anderen therapeutischen Mittel nicht unversucht lassen und erst dann, wenn diese sich unwirksam erweisen, zur Pylorusresection greifen. Im Grossen und Ganzen lässt ja nach Leube[1]) das Magengeschwür eine gute Prognose zu; namentlich wenn man von Anfang an eine rationelle Behandlung einleitet. — Anders verhält es sich jedoch in den Fällen, wo das Ulcus seinen Sitz in der Pylorusgegend hat, denselben verengt und zu einer Magendilatation geführt hat. Da ist die Prognose nach demselben Autor keine besonders günstige. Trotz Magenpumpe, die man ja gerade für diese Fälle so sehr empfohlen hat, kann man häufig das Leben dieser Patienten für eine längere Zeit nicht einmal fristen, viel weniger erträglich machen: »Je länger die Krankheit dauert, je stärker der Grad der »Erweiterung des Magens ist, je länger nach Anwendung der Pumpe der »Wiedereintritt der Fähigkeit des Magens, einen Theil seines Inhalts »durch den Pförtner zu entleeren, auf sich warten lässt, der Stuhlgang »ungeregelt bleibt, oder hartnäckige Verstopfung fortdauert, darf angenommen werden, dass das Hinderniss am Pylorus ein unheilbares ist, »oder dass die Parese der Muscularis des Magens in einer Entartung der »Muskelzellen ihren anatomischen Grund hat. In solchen Fällen »werden die Kranken dann immer elender, ertragen gar »keine Nahrung mehr, können nicht mehr erbrechen, wer»den hydropisch und gehen schliesslich marastisch zu »Grunde«. (l. c. p. 225).

In solchen Fällen ist es meiner Ansicht nach, auch unzweifelhaft indicirt, die Pylorusresection auszuführen; für solche Fälle habe ich sie empfohlen und in solchem Falle auch zuerst ausgeführt.

Leider wird es dieser schlimmen Fälle, die jeder inneren Behandlung trotzen, immerhin genug geben: Nach Brinton's statistischen Angaben

[1]) Leube, Die Krankheiten des Magens und Darms, Ziemssen's Handbuch der spec. Pathologie und Therapie 7. Bd. 2. Hälfte. 2. Aufl. p. 113.

(cfr. Leube l. c. p. 90) befindet sich das Ulcus in 15% der Fälle in der Pylorusgegend, und in den meisten dieser Fälle treten endlich die oben geschilderten Zustände ein.

Wir dürfen jedoch nicht so lange warten, bis eben das letzte Stadium eingetreten ist, wenn wir auf vollständige Genesung nach der Resection hoffen. Wir haben vor einem zu frühen operativen Eingreifen gewarnt und erst den Versuch mit den inneren therapeutischen Mitteln anempfohlen; andererseits müssen wir vor dem all zu späten Operiren warnen. Ist erst die Entartung der Muskelzellen, die Leube erwähnt, eingetreten und so eine vollständige, auf anatomischer Basis beruhende Parese des Magens vorhanden, der Patient überdies im höchsten Grade geschwächt, dann dürfen wir auch von der Pylorusresection nichts mehr erwarten. Wir müssen es nie bis zu diesem Stadium kommen lassen.

Ich stimme vollständig mit der Ansicht Billroth's überein, die er auf dem letzten Chirurgen-Congress geäussert, dass die Operation der Pylorusresection als solche nicht gefährlicher sei. als jede Enteroraphie. Wenn sich dieser Grundsatz erst allgemeine Geltung auch unter den internen Collegen verschafft hat, dann werden wir nicht so spät oder vielmehr nicht so häufig »zu spät« zu der Pylorusresection kommen. Es war für mich erfreulich, dass auf dem letzten Chirurgen-Congress Billroth hervorhob, dass der erfahrenste Kenner der Magenkrankheiten, der hier mehrmals citirte Leube, auch der Ansicht sei, dass die Pylorusresection beim stenosirenden Ulcus ventriculi eine wohlberechtigte Operation ist. Diesem Urtheil schlossen sich an Billroth selbst, Gussenbauer[1]) u. A. Und glänzend konnte dieses Urtheil der praktische Erfolg unterstützen in Person der von mir auf diese Indication hin vor 6 Monaten operirten Frau, die kräftig und wohlgenährt den Fachcollegen von mir vorgestellt wurde.

Als 2. Indication zur Pylorusresection ist das Carcinoma pylori anzuführen. Auf diese Indication hin sind bis jetzt die meisten Pylorusresectionen unternommen worden (21. cfr. Anh. I, Zusammenstellung). Wir müssen nur bedauern, dass in den meisten Fällen die Patienten so spät und so geschwächt zur Operation kamen, dass sie nicht mehr den operativen Eingriff überstehen konnten. Es wäre sehr zu wünschen, dass die Diagnose des Pyloruscarcinoms in seinem Anfangsstadium sicherer wäre, und dass die internen Collegen mehr Zutrauen zu der Operation gewännen; was sie gewiss veranlassen würde, möglichst früh dieselbe ihren Patienten anzuempfehlen. Einmal steht es fest, dass das Carcinom durch innere Mittel nicht zu heilen ist, dass ferner die

[1]) Gussenbauer erwähnt schon in seiner ersten Arbeit über diesen Gegenstand (l. c. p. 379), dass eine hochgradige einfache Pylorusstenose, welche durch ihre Folgen sicher zum Tode führt, noch weit mehr die in Rede stehende Operation indicirt, als der Pyloruskrebs.

Lebensdauer der an Magencarcinom Leidenden eine verhältnissmässig kurze ist: Brinton[1]) nimmt als mittlere Dauer ungefähr ein Jahr an. Andererseits sind die Aussichten auf radicale Heilung durch die Operation bei dem Magencarcinom nicht geringer, als bei Carcinomen anderer Organe, bei denen doch jetzt allgemein die operative Hülfe als die einzig indicirte anerkannt ist. Nach der mühsamen und verdienstvollen Zusammenstellung Gussenbauer's und v. Winiwarter's (l. c. p. 371—378) wäre die Prognose für die Operation quoad recidivum bei den Magencarcinomen sogar viel besser, als bei den anderen Carcinomen. Nach ihrer Zusammenstellung hat sich nämlich ergeben, dass Metastasen in andere Organe beim Magencarcinom verhältnissmässig selten vorkommen. Sie haben 61 287 Sectionsprotocolle des Wiener pathologischen Institutes vom Jahre 1817—1873 einem eingehenden Studium unterworfen und unter 542 Pyloruscarcinomen 172 ohne Verwachsungen und 223 ohne Metastasen in andere Organe gefunden. Man könnte hieraus mit Recht den Schluss ziehen, dass, wenn auf dem Sectionstisch relativ nur so wenige Fälle von Metastasen und Verwachsungen constatirt worden sind, zu Lebzeiten und namentlich im Anfang des Leidens dies Verhältniss sich noch bedeutend besser gestalten müsse.

Indessen ist es auffallend — wie das schon Ledderhose[2]) hervorhebt —, dass Rokitansky[3]), der doch seine Erfahrung auf dasselbe Material stützte, behauptet, dass nur in seltenen Ausnahmefällen der krebsige Pylorus frei bleibt, nicht an seine Umgebung fixirt wird.

Damit stimmen auch die von Ledderhose (l. c.) beigebrachten Zahlen aus dem Strassburger pathologischen Institut, die freilich im Vergleich zu den Gussenbauer-v. Winiwarter'schen sehr klein sind, überein: von 39 Pyloruskrebsen wären 28 als nicht operabel und nur 4 als event. operabel zu bezeichnen. (Der Rest bleibt nach den Protocollen unklar).

Damit stimmen fernerhin auch die Erfahrungen, die wir in vivo bei den bis jetzt operirten Fällen gesammelt haben. Auf Grund dieser kommen wir zu einem dem Gussenbauer-v. Winiwarter'schen ganz entgegengesetzten Resultate. Von den 21 bis jetzt ausgeführten Pylorusresectionen muss ich zuerst zwei Bardenhener'sche und den Jurié'schen Fall ausschliessen, weil ich nach den kurzen Mittheilungen, die mir zugänglich waren, über diesen Punkt vollständig im Unklaren geblieben bin. In den übrigbleibenden 19 Fällen sind 14 mal Metastasen und Verwachsungen notirt, 5 mal keine. Um ein richtiges Urtheil zu bekommen, müssen wir zu den 14 complicirten Fällen noch alle die un-

[1]) Bei Leube l. c. p. 145.

[2]) Ledderhose, Ein Fall von Resection des carcinomatösen Pylorus. Dts. Zeitschrift f. Chir. 16. Bd. 3. und 4. Heft, p. 271.

[3]) Rokitansky, Lehrbuch der pathologischen Anatomie. III. Bd.

vollendeten Operationen zurechnen, von denen **Billroth** 20 auf dem letzten Chirurgen-Congress erwähnt hat, **Bardenheuer** 3 mir mitgetheilt, **Kuh**[1]) (von **Czerny**) 1 beschrieben und **ich** 5 anzugeben habe. Auch wären hier die 4 ausgeführten Gastro-Enterotomien mitzuzählen, bei denen die Pylorusresection wegen ausgebreiteter Verwachsungen unterlassen wurde. Gewiss werden noch etliche ungünstige und unvollendete Fälle unbekannt geblieben sein. Doch davon abgesehen, haben wir in 52 mehr oder weniger zur **Operation ausgesuchten** Fällen nur 5 ohne Metastasen und Verwachsungen.

Trotz alledem würden sich bei der Häufigkeit der Pyloruscarcinome — sie bilden etwa 60% aller Magencarcinome (cfr. **Leube** l. c. p. 130) — viele operable Fälle finden, namentlich wenn der Pyloruskrebs früh diagnosticirt und operirt werden könnte. Leider lässt die Sicherheit der Diagnose in dem Anfangsstadium viel zu wünschen übrig. Indessen ist es gewiss erlaubt, beim begründeten Verdacht auf Pyloruscarcinom, der auf mehrmaliges Untersuchen ev. auch in der Chloroformnarkose gestützt ist, die Laparotomie zu unternehmen, einmal um die Diagnose festzustellen, und dann um auch sogleich zu entscheiden, ob der betreffende Fall operabel ist oder nicht. Bei den bis jetzt gemachten oben aufgezählten Probe-Laparotomien beim Pyloruskrebs hat sich kein Todesfall ereignet; was ja mit den sonstigen Erfahrungen über die Ungefährlichkeit einer antiseptisch ausgeführten Laparotomie übereinstimmt.

Ob diese sich in Zukunft häufiger wird umgehen lassen durch die Anwendung des von **Mikulicz** nach dem **Nitze**'schen Princip construirten Magenendoscop, darüber muss die spätere Erfahrung entscheiden, wie auch über die Brauchbarkeit dieses Instrumentes überhaupt. Jedenfalls verlangen wir, dass nur solche Fälle zur Operation kommen, wo keine ausgedehnten krebsigen Verwachsungen mit den Nachbarorganen und keine Metastasen zu constatiren sind. Leider wird man dieses in manchen Fällen trotz aller Sorgfalt mit unseren jetzigen Mitteln vor der Laparotomie nicht feststellen können; ja, in dem **Lücke**'sche Falle war dieses nicht einmal nach Eröffnung der Bauchhöhle, sogar nicht nach Abbindung der Magenligamente mit Sicherheit möglich. — Dies sind gewiss nur Ausnahmefälle; gewöhnlich wird man spätestens nach Eröffnung der Bauchhöhle die Verhältnisse klar übersehen und nach Erkenntniss etwaiger ausgedehnteren Verwachsungen die Operation unterbrechen können.

Namentlich ist von **Billroth** als entschiedene **Contraindication** die Verwachsung des Tumors mit dem Pancreas angeführt und auch wohl allgemein angenommen worden. Denn zur gründlichen Exstirpation wäre dann das Abbinden eines Theiles des Pancreas nöthig. — Dieses hält **Wölfler** aus zweierlei Gründen für gefährlich: »1) Wissen wir, dass

[1]) **Kuh**, Eine Pylorusresection, v. Lgbck's Arch. 27. Bd. 4. Heft.

»nach Abbindungen an der Parotis nicht selten ganz enorme Anschwel-»lungen und viele kleine Abscesse entstehen, die gewöhnlich zur Se-»questration von Drüsenpartien führen und 2) ist jedenfalls zu befürchten, »dass der aus dem angeschnittenen Pancreas ausfliessende Saft wegen »seiner peptonisirenden Wirkung die Magennarbe auflöst.«

Zu diesen von Wölfler angegebenen Gefahren gibt Ledderhose (l. c. p. 272) noch folgende hinzu: 3) die Blutung, 4) die sehr grosse Neigung nicht mehr lebender Pancreastheile zur Fäulniss. — Dass von Ledderhose noch erwähnte Ausfliessen von Secret aus der verletzten Drüse deckt sich ziemlich mit dem 2. Wölfler'schen Punkt.

Um diese vier Gefahren näher zu prüfen, habe ich eine Reihe von Experimenten an Hunden unternommen, deren kurze Beschreibung ich am Ende der Arbeit (Anhang 2) gebe.

Ich hebe an dieser Stelle nur kurz die Resultate dieser Versuchsreihe hervor, soweit sie Bezug haben auf die oben aufgezählten 4 Punkte.

1) Hunde ertragen die Abbindung kleinerer Stücke des Pancreas, wenn nur der Ductus pancreaticus nicht unterbrochen wird, sehr gut (cfr. Vers. 3 und 9), sowie einzelne der Wehr'schen Versuche, wo auch Stücke vom Pancreas mitexcidirt wurden, ohne dass irgend wie beunruhigende Symptome aufgetreten wären.

2) Dahingegen ist von 5 Hunden, denen ein Stück Pancreas aus der ganzen Dicke des Organs ausgeschnitten wurde, also der Ductus pancreaticus sicher unterbrochen war, nur ein einziger am Leben geblieben; die übrigen sind an septischer Peritonitis zu Grunde gegangen. Es ist also diese Operation auch für gesunde Hunde eine sehr eingreifende. (2 Hunde sind am 6. Tage getödtet, um den Befund am Pancreas in diesem Stadium zu prüfen.)

3) Ueber den ersten Wölfler'schen Punkt haben unsere Experimente nichts Bestimmtes ergeben. In meinem 10. und 11. Versuche, wo ich die Thiere am 6. Tage nach der Operation getödtet habe, bemerkte ich keine bedeutendere Anschwellung; einen Abscess habe ich zwar gefunden, aber der hat sich um den Ligaturfaden gebildet.

4) Nach den Ergebnissen unserer Versuche müssen wir einen nachtheiligen Einfluss des aus dem angeschnittenen Pancreas ausfliessenden Saftes auf die Magennarbe bestimmt ausschliessen. — Wir haben zu diesem Zwecke im Versuch 2 und 3 die Pylorusresection neben der Pancreasresection gemacht, und in Versuch 1 einem vor mehreren Monaten pylorusresecirten Hund benutzt. Auch die entsprechenden Wehr'schen Versuche zeigen dasselbe.

5) Die Blutung ist bedeutender bei zugleich mit der Pylorusresection ausgeführter Pancreasresection; lässt sich aber beherrschen. Indessen sind die anatomischen Verhältnisse beim gesunden Hund in dieser Beziehung um so viel günstiger, dass man dieses Resultat gar nicht verwerthen kann.

6) Von 5 Hunden mit Excision von Pancreasstückeu. die durch die ganze Dicke des Organs gingen und wo von dem zurückgelassenen Pancreas Stücke gequetscht wurden, sind 4 an septischer Peritonitis gestorben, obwohl bei ihnen mit ebenso grosser Sorgfalt die Antisepsis geübt wurde, wie in anderen Versuchen. Daraus dürfen wir folgern, dass die von Ledderhose erwähnte Gefahr der grossen Neigung nicht mehr lebender Pancreastheile zur Fäulniss durch die Versuche bestätigt worden ist. Bei Gelegenheit habe ich auch geprüft, wie sich implantirte Pancreastheile in der Bauchhöhle anderer Thiere verhalten, welche Frage Ledderhose aufwirft. Unsere Versuche Nr. 4 und 6 bestätigen die Vermuthung Ledderhose's dass selbst gequetschte Pancreasstücke unter antiseptischen Cautelen in die Bauchhöhle anderer Thiere implantirt, nach Analogie der Versuche von Hegar, Tillmanns, Rosenberger, Olshausen u. A. keine besondere Reaction hervorrufen.

Wir wissen wohl, dass die oben erwähnten Resultate unserer Thierversuche sich nicht ohne Weiteres im Ganzen auf den Menschen übertragen lassen, zumal beim gesunden Thier die Verhältnisse hier anders liegen, als beim an dieser Stelle kranken Menschen. Indessen werden diese Versuche theilweise durch Erfahrung am Menschen jetzt schon ergänzt und ihre Resultate bestätigt. — In den mir bekannten 23 Pylorusresectionen sind in 10 Fällen grössere oder kleinere Theile des Pancreas mit entfernt. Wir finden, soweit die Angaben reichen,

ad. 1. in keinem Falle ist angegeben, dass starke Anschwellung oder Abscesse in zurückgebliebenen Pancreastheilen bei der Obduction gefunden worden wären.

ad. 2. Die bisherige Casuistik zeigt auch nicht, dass der etwa ausfliessende Pancreassaft eine auflösende Wirkung auf die Naht habe. Im Lücke'schen Falle sind zwar zwei kleine Oeffnungen in der Naht gefunden worden; Ledderhose aber selbst führt sie auf andere Gründe zurück.

ad. 3. Die Blutstillung ist — wie in einzelnen Fällen direkt hervorgehoben wird — recht schwierig gewesen, aber nicht unmöglich.

ad. 4. Die Mehrzahl der mit Pancreasexcision complicirten Pylorusresectionen ist so kurz nach der Operation an Collaps gestorben, so dass sich eine Peritonitis nicht ausbilden konnte. Nur in 2 Fällen (Nr. 12 und 16) ist Peritonitis neben Herzschwäche als Todesursache angeführt; in einem Fall (Nr. 7) ist Verblutung aus der Magen-Darmwunde als wahrscheinliche Todesursache angegeben, und mein Fall (Nr. 22) ist ohne besondere Störung geheilt. Bedenkt man, dass von den 10 Fällen nur wenige so lange lebten, dass sich eine Peritonitis hätte ausbilden können, so kann man die von Ledderhose angeführte Gefahr gelten lassen. auch wenn nur 2 an Peritonitis gestorben sind, namentlich wenn man hierbei die Resultate der Thierversuche mit beachtet.

Auf eine Gefahr, welche freilich nur bei Pyloruscarcinomen in Be-

tracht kommt, muss noch hingewiesen werden, dass es nämlich fast unmöglich ist, alles Krankhafte sicher zu entfernen. Dieses lässt sich schon theoretisch a priori annehmen; und auch in Fall 5 (Billroth) und Fall 12 (Lücke), die post mortem genau untersucht worden sind, finden wir angegeben, dass scirrhöse Stellen in dem zurückgelassenen Pancreastheil aufgefunden worden sind.

Nach alledem würde ich auf Grund der Erfahrung aus den bis jetzt operirten Fällen und auf Grund der Resultate der Thierversuche folgende Stellung zu der jetzt so lebhaft discutirten Frage über die Verwachsungen mit dem Pancreas nehmen:

a) Der aus dem angeschnittenen Pancreas etwa ausfliessende Saft hat keine auflösende Wirkung auf die Magennarbe.

b) Es ist unentschieden, ob ähnlich wie nach Abbindungen an der Parotis auch am Pancreas Anschwellungen und Abscesse entstehen.

c) Trotzdem ist die vermehrte Gefahr der Pylorusresection bei Verwachsung des Pylorus mit dem Pancreas erwiesen und zwar aus folgenden Gründen:

1) Die Blutung ist schwer zu stillen und deshalb bedeutender, als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Da aber eine grosse Schwäche der zu Operirenden gewöhnlich schon vor der Operation besteht, so macht dieser Umstand die Operation viel bedenklicher.

2) Die septische Peritonitis kann schon wegen der grösseren, unregelmässigeren und tiefer greifenden Wunde leichter eintreten und wird vielleicht durch die specifische Wirkung und sehr grosse Neigung nicht mehr lebender Pancreastheile zur Fäulniss stark begünstigt.

3) Das vollkommen sichere Entfernen alles Krankhaften bei carcinomatösen Verwachsungen und Infiltrationen ist unmöglich.

Daher halte ich in Uebereinstimmung mit Anderen bei Carcinoma pylori die Verwachsung mit dem Pancreas für eine bestimmte Contraindication; bei Ulcus ventriculi in der Pylorusgegend bildet die Verwachsung mit dem Pancreas nur eine bedeutende Erschwerung der Operation und Vermehrung ihrer Gefahr. Die Ausführbarkeit der Operation mit gutem Erfolg ist aber möglich, wie das mein diesbezüglicher Fall (Nr. 22) beweist. Hier kommt die Gefahr, die unter 3) angeführt ist, gar nicht in Betracht; auch ist die Gefahr der stärkeren Blutung nicht ganz so hoch anzuschlagen, wie beim Carcinom, weil hier gewöhnlich die Patienten nicht kachectisch und so stark geschwächt sind, auch sich ihr Allgemeinzustand durch ein entsprechendes Verfahren vor der Operation (Magenpumpe und Diät etc.) etwas heben lässt.

Als 3. Indication zur Pylorusresection zähle ich unstillbare Haemorrhagien aus runden Magengeschwüren, die das Leben des Patienten durch Verblutung bedrohen.

Auf diese Indication hin ist bis jetzt — so viel ich weiss — noch keine Resection ausgeführt worden, doch acceptiren dieselbe mein unvergesslicher Lehrer Hüter[1]) und auch Kuh[2]). Freilich müsste hier der Chirurg sehr zeitig hinzukommen, was in den allerseltensten Fällen zutreffen dürfte. Sässe das Geschwür an der vorderen Magenwand, so könnte man dasselbe nur elliptisch umschneiden und die Magenwandungen nach vorgenommener Blutstillung durch Naht vereinigen. Indessen pflegen tödtliche Haemorrhagien nur in den allerseltensten Fällen aus Arterien der Magenwandungen selbst zu kommen, häufiger treten sie nach Arrosion der benachbarten grösseren Arterien ein, so z. B. der Art. gastroduodenalis oder ihrer Zweige, am häufigsten der das Pancreas versorgenden Zweige der Art. lienalis und pancreatico-duodenalis. In diesen Fällen könnte man auch an die Umstechung des blutenden Gefässes denken (C. Hüter l. c.).

4) Als letzte Indication wäre noch die Perforation des Ulcus rotundum in die Bauchhöhle zu erwähnen. (Ebenfalls von Kuh l. c. angeführt.) Ein rasches Eröffnen der Bauchhöhle, Toilette derselben, Resection der Geschwürsränder und Naht dürfte in entsprechenden Fällen, wo der Chirurg rasch zur Hand ist, ein besseres Verfahren sein, als die gewöhnliche Therapie, welche Leube (l. c. p. 124) erwähnt: »Tritt im Verlaufe des Magengeschwürs das schlimmste Ereigniss, die »Perforation ein, so besteht die Therapie gewöhnlich nur in der Herbeiführung der Euthanasie.«

III. Anatomische Bemerkungen. Lage und Befestigung des Magens unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen.

Unter normalen Verhältnissen nimmt der bei weitem grösste Theil des Magens die linke Seitenhälfte der Bauchhöhle ein, und nur etwa der 6. Theil liegt nach rechts von der Linea alba; dort ist also auch der Pylorus zu suchen. Nach Luschka liegt derselbe in der Mitte zwischen Sternal- und Parasternallinie bedeckt von der Leber, so dass krankhafte Veränderungen am Pylorus nicht palpirt werden könnten, wenn eine abnorme Senkung nicht zu Stande käme. Indessen ändert der Pylorus im krankhaften Zustande so häufig und so bedeutend seine normale Lage namentlich im Sinne der Senkung, wenn er nicht früher Verlöthungen mit den Nachbarorganen eingegangen ist, dass man wenigstens in den späteren Stadien für gewöhnlich Tumoren oder etwaige bedeutendere Verdickungen zu fühlen im Stande ist.

---

[1]) C. Hüter, Grundriss der Chirurgie. II. Th. p. 315.
[2]) Kuh, Eine Pylorusresection, Lgbcks Arch. 27. Bd. 4. Heft, p. 802.

Interessant für unsere Zwecke ist das Verhältniss des Pylorus zu den Nachbarorganen, insbesondere aber zum Pancreas.

Bekanntlich liegt der Pylorus mit seiner Hinterfläche auf der Vorderfläche des Pancreas, getrennt von ihm nur durch einen Theil des Netzbeutels, welcher den betreffenden Theilen ihren Peritonealüberzug gibt. Nur in seinem obersten Theil in der Nähe des Pylorus hat das Duodenum einen vollständigen Peritonealüberzug; weiter nach unten nur an seiner vorderen Fläche, indem es hinten theilweise mit dem Pancreaskopf verwachsen ist.

Es ist nach diesen anatomischen Verhältnissen erklärlich, dass Pyloruscarcinome leicht zu Verklebungen mit dem Pancreas führen können.

Nach oben zu steht der Pylorus mit der Leber in Verbindung durch das Omentum minus, dessen nach rechts stehender, freier verdickter Rand als Lig. hepato-duodenale den angrenzenden Theil des Duodenums mit der Leber verbindet. Dieser letztere Abschnitt ist deshalb wichtig, weil in ihm der Gallengang, die Pfortader und die Leberarterie verläuft, und er von Wölfler als die Grenze bezeichnet worden ist, bis wohin nach rechts die Resectionen ausgedehnt werden können. Zum Glück greifen Carcinome, um die es sich hier handelt, nicht häufig auf das Duodenum über. Freilich ist die Grenze, die das erwähnte Lig. hepato-duodenale bildet, relativ breit. Im Grunde genommen greift man in jedem Fall von Pylorusresection in dieses Grenzgebiet ein, wenigstens in seine äusserste linke Seite. Denn das Lig. hepato-duodenale fängt dort an, wo das Duodenum selbst; bei den Pylorusresectionen ist man aber immer genöthigt, 1—2 Ctm. vom Duodenum mitzureseciren (bei Carcinomen z. B. um im Gesunden durchzutrennen, auch wenn sie nicht eine Spur auf das Duodenum übergehen), also muss man auch soweit das Ligament trennen. In diesem Sinne ist blos die Behauptung Wehr's (l. c.) aufzufassen, dass factisch die Durchtrennung eines — wenn auch nur geringen — Theils des Lig. hepato-duodenale nicht umgangen werden kann. Selbstverständlich bildet der Theil dieses Ligaments, worin der Gallengang, die Pfortader und die Leberarterie verlaufen, ein »noli me tangere«, wie es Wölfler mit Recht behauptet.

Nach unten zu hat die peritoneale Verbindung des Magens mit dem Colon transversum, das Lig. gastro-colicum, ein Theil des Omentum majus, dadurch an Bedeutung gewonnen, dass im Lauenstein'schen Fall Gangrän des Colon transversum eingetreten ist — ein gewiss seltenes Ereigniss, das nur dann vorkommen kann, wenn, wie im Lauenstein'schen Fall, die weit und tief greifenden Verwachsungen eine Lösung in bedeutende Tiefe nöthig machen, da ja doch die Ernährungsarterie des Colon transversum, die Art. colica media, aus der Art. mesenterica superior unterhalb des Pancreas entspringt.

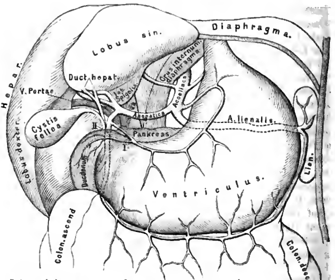
Die übrigen ligamentösen Verbindungen des Magens können wir mit

Stillschweigen übergehen, da sie bei den Pylorusresectionen nicht in Betracht kommen.

Die Arterien des Magens stammen sämmtlich aus der Art. coeliaca. Näher in Betracht kommen die Arterien der Pylorusgegend:

1) **Art. coronaria superior dextra**, ein Ast der Art. hepatica sendet einen kleinen Zweig, die Art. pylorica, zum Pylorus und fliesst mit der Art. coronaria superior sinistra zu einem Bogen zusammen, der die obere Magencurvatur versorgt.

Fig. 1.



I. Art. pylorica.
II. Art. gastroduodenalis.

2) **Art. gastro-duodenalis**, der untere Zweig der Art. hepatica, der hinter dem Pylorus nach unten verläuft und sich hier theilt in die Art. pancreatico-duodenalis (versorgt die benannten Theile) und in die Art. gastro-epiploica dextra, welche mit der Art. gastro-epiploica sinistra (aus der Art. lienalis) den unteren Bogen an der grossen Curvatur bilden. Bei Trennung von Verwachsungen des Pylorus nach hinten, kann demnach der Stamm der Art. gastro-duodenalis verletzt werden.

Die Venen entsprechen im Verlauf den stärkeren Stämmchen der Arterien.

Die Lymphgefässe bilden oberflächliche und tiefe Netze und fliessen an beiden Curvaturen zu einigen stärkeren Stämmchen zusammen, um sich von dort durch die hier liegenden Gl. gastro-epiploicae (etwa 2—5 Drüsen im kleinen Netz und 4—7 im grossen) zum Plexus lymph. coeliacus zu begeben.

Die Nerven kommen aus den beiden Vagi, die sich geflechtartig an den beiden Magenflächen ausbreiten, und von dem Plexus coeliacus des Sympathicus.

Von den uns hier interessirenden pathologischen Verhältnissen haben wir schon bei Besprechung der Indicationen und eben das Wichtigste erwähnt; unter Anderem, dass der Pyloruskrebs sehr selten auf das Duodenum übergreift; ferner das Verhalten des Pyloruskrebses zu den Nachbarorganen, namentlich zum Pancreas. Wir mussten hervorheben, dass entgegen dem Befunde Gussenbauer's und v. Winiwarter's in den bisher operirten Fällen nur sehr selten keine Verwachsungen des carcinomatösen Pylorus mit dem Pancreas und keine Drüsenanschwellungen gefunden wurden: ein Umstand, der gar sehr den anfänglichen Enthusiasmus für die Pylorusresectionen beim Carcinom gedämpft hat. — Man muss demnach sich die Fälle, die zur Operation geeignet sind, sehr genau aussuchen. Billroth sagt »er wäre überrascht von den vielen Pylorusresectionen, die jetzt gemacht würden.« (XI. Chirurgen-Congress.)

IV. Operationstechnik.

Hat man nach genauer Untersuchung, wozu nöthigenfalls die Narcose benutzt werden darf, den betreffenden Fall für operabel befunden, so muss man den Patienten zur Operation gehörig vorbereiten. — Die Vorbereitung ist bei dieser Operation gewiss von grösster Bedeutung: Man wird nach dem Vorgange Billroth's dem Kranken mehrere Tage vor der Operation und am Tage der Operation kurz vorher den Magen mit lauwarmem Wasser oder noch besser mit Salicylsäurelösung ausspülen. Es muss so lange nachgegossen werden, bis die Flüssigkeit klar zurückkommt. Anfangs ist diese Procedur den Patienten — wie bekannt — sehr unangenehm, doch gewöhnen sie sich bald daran. Weit unangenehmer ist es, dass in einigen Fällen von starker Magenerweiterung die vollständige Entleerung des Magens nicht gelingt, wie z. B. in dem 2. Fall von Billroth und in dem Fall von Kitajewsky und Lauenstein. Durch reichliches Ausspülen mit antiseptischer Lösung wird man wenigstens so viel erreichen, dass die zurückbleibende Flüssigkeit möglichst aseptisch ist. In gleicher Weise wird man durch Abführmittel und Klystiere resp. Einlauf für die möglichst vollständige Entleerung des

Darmkanals sorgen. Hahn beschuldigt z. B. stauende Kothmassen für den deletären Ausgang in seinem Falle (letzter Chirurgen-Congress).

Im Uebrigen werden die gewöhnlichen Cautelen der antiseptischen Methode strengstens befolgt: die Operationsstelle mit Seife und Carbolsäure gewaschen; der Patient mit einem desinficirten wasserdichten Zeug bedeckt, in dem sich ein entsprechender Ausschnitt befindet, dessen Ränder mit Heftpflaster versehen sind; darüber kann man in der Nähe des Ausschnittes antiseptische Gaze legen; Instrumente etc. sind rein und gut desinficirt. An Stelle von Schwämmen empfehlen sich kleinere und grössere Tampons aus Salicylwatte eingehüllt in antiseptische Gaze und jedesmal zur Operation frisch bereitet. Während der Operation gebrauchte ich keinen Spray, wie bei allen Laparotomien (sonst wende ich immer den Spray an), um nicht das Peritoneum zu reizen und abzukühlen; auch Billroth u. A. operiren ohne Spray; von einigen Operateuren wird der Spray nicht weggelassen. Dafür suche ich diese Lücke in der Antiseptik durch ein selten genaues Desinficiren des Zimmers vor der Operation auszufüllen: mehrere Tage vorher wird ein besonderes Zimmer gut gelüftet und mit Carbolsäure häufig ausgesprengt; kurz vor der Operation — wenigstens 2 Stunden lang Dampfspray. Die Zimmertemperatur wird auf 20—24°R. erwärmt und, um noch mehr dem Abkühlen des Patienten vorzubeugen, werden nach Bardenheuer[1] heisse Sandsäcke zu Seiten des Patienten gelegt.

Besondere Instrumente sind mit Ausnahme entsprechend dünner Nadeln und meiner elastischen Compressorien zu dieser Operation nicht nöthig. Unter den Nadeln kann man entweder sehr feine gekrümmte Nadeln, oder die Madelung'schen oder die von Wolberg und Hagedorn anempfohlenen wählen.

Die von mir angegebenen elastischen Compressorien bestehen in ihrer einfachsten Form aus je zwei 13—15 Ctm. langen — nach Bedarf auch längeren — $^3/_4$ Ctm. breiten, platten, mit desinficirten Gummiröhren überzogenen Eisenstäbchen, deren eines an die Hinterseite, das andere an die Vorderwand des Magens resp. Duodenums in der Quere resp. schräg angelegt wird, und die durch Gummifäden, welche ihre oben wie unten vorstehenden Enden umschnüren, so fest gegeneinander gehalten werden, dass sie jeden Austritt von Magen- resp. Darminhalt verhindern.

Die beigegebene Zeichnung wird am besten ihre Anwendungsweise illustriren.

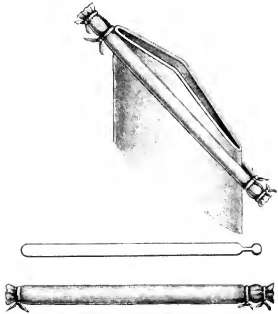
Ihr entschiedener Vortheil gegenüber allen Fass- und Klemmzangen ist der, dass sie als parallelbranchige Instrumente die ganze Darmwand

---

[1]) Bardenheuer, Die Drainirung der Peritonealhöhle, Stuttgart 1881.

gleichmässig comprimiren, und der Druck in Folge des Gummibezuges und der Gummiverbindung gemildert wird und sich gleichsam von selbst regulirt. In meinem ersten Operationsfall und bei den Wehr'schen Versuchen haben wir anfangs Seidenfäden zur Verbindung der

Fig 2.



Branchen benutzt, alsbald überzeugten wir uns (in seinem 5. Versuch), wie schwer der nöthige und erlaubte Druck zu bemessen sei, und wie leicht Druckgangrän entstehen kann. Wir haben von da ab nur Gummifäden gebraucht und nie mehr ein ähnliches Unglück erlebt[1]).

[1]) Auf die Bemerkung Wölfler's, dass schon Gussenbauer bei Gelegenheit seiner Resectionen am Hundemagen dieser elastischen Compressorien gedachte, muss ich erwiedern, dass Gussenbauer von Klemmen spricht, »die nach Art der Dupuytren'schen Darmscheere construirt, aber mit glatten und mit weichem Gummi überzogenen Branchen versehon wären,« also eine starre Verbindung hatten, ähnlich wie sie Lücke benutzte. Das sind nicht meine elastischen Compressorien, deren Vorzug ich gerade in der elastischen Gummiverbindung sehe. Von den von Gussenbauer gedachten Klemmen konnte er selbst mit Recht sagen. »Indessen dürfte der nothwendige Grad der Compression mit einem derartigen Instrumente .... doch nicht leicht in seinen schädlichen Folgen sich bestimmen lassen.

Vor allen gewöhnlichen Zangen haben unsere Compressorien den Vorzug, dass ihr Druck gleichmässig auf alle Theile der comprimirten Wand einwirkt, während bei jeder Zange — auch wenn ihre Branchen mit Gummi überzogen sind — gemäss ihrer Construction derselbe in der Nähe des Schlosses stärker sein muss, als am andern Ende.

Auch bei parallelbranchigen Zangen, die eine starre Verbindung nach Art der Dupuytren'schen Darmscheere haben, ist der Druck — auch wenn ihre Arme mit Gummi überzogen sind — ein zu harter und zu wenig nachgiebiger wegen der starren Verbindung, und lässt sich schwer in der gehörigen Stärke abmessen, während bei unseren Compressorien der Druck weicher ist und sich — wie schon hervorgehoben — zum Theil von selbst regulirt. Selbstverständlich dürfen wir auch hier nicht allzufest zusammenschnüren.

Vor den provisorischen Ligaturen, sei es der elastischen nach Czerny, oder der mit Seidenfaden nach Schede, haben unsere Compressorien den Vorzug, dass sie die comprimirte Wand glatt und flach aneinander legen, was das gleichmässige Nähen bedeutend erleichtert, während die Ligatur, namentlich wenn sie nahe an den Schnitträndern angelegt wird, dieselben unregelmässig zusammenlegt. Ueberdies braucht der über die ganze platte Fläche des Compressoriums vertheilte Druck nie so stark zu sein, um den Magen- resp. Darminhalt zurückzuhalten; und ist auch eine Einschnürung nicht so leicht zu befürchten.

Endlich erweisen sich die angelegten Compressorien auch dadurch sehr praktisch, dass ihre vorstehenden Enden sehr bequem als Handhaben dienen, um beim Nähen die nothwendigen Bewegungen leicht und sicher mit den durchschnittenen Enden auszuführen.

Dass der instrumentelle Verschluss nöthig und einem Offenlassen oder theilweisen Verschluss durch Assistentenhände und Schwämmchen weit vorzuziehen ist, werden wir bei dem betreffenden Operationsact zu beweisen suchen.

1. Operationsact. Eröffnung der Bauchhöhle.

Bis jetzt ist man in doppelter Weise bei der Eröffnung der Bauchhöhle vorgegangen. Man hat entweder den Schnitt in der Linea alba gewählt, oder nach Billroth einen schiefen Schnitt durch die Bauchdecken geführt, dort, wo die Geschwulst lag.

Meiner Ansicht nach verdient principiell der Längsschnitt vor dem von Billroth anempfohlenen Querschnitt den Vorzug. — Im Speciellen würde ich den Schnitt in der Linea alba jedem anderen vorziehen. auch dem von mir früher vorgeschlagenen Längsschnitt rechts von der Linea alba. Die Vorzüge des Schnittes in der Linea alba ohne Durchschneidung von Muskeln und ohne Eröffnung von Muskelscheiden sind

ja hinlänglich bekannt und anerkannt, so dass ich darüber stillschweigend hinweggehen kann; nur habe ich zu zeigen, dass von ihm aus die Pylorusresection ohne besondere Erschwerung möglich ist. Dieses hat schon die Erfahrung hinlänglich gezeigt für diejenigen Fälle, welche nach den oben bei den Indicationen auseinandergesetzten Principien überhaupt operabel sind: Péan, Czerny, Berns, Lauenstein und ich in 2 Fällen haben den Schnitt in der Mittellinie gewählt, und immer war die Resection ausführbar, trotzdem mehrere von diesen Fällen eigentlich weit jenseits der gezogenen Grenzen, in denen Carcinome operabel sind, was Verwachsungen mit Nachbarorganen anbetrifft, lagen. In dem Falle von Lücke war die Resection von dem einfachen Längsschnitt in der Linea alba nicht möglich, und musste mitten auf denselben noch ein Querschnitt nach rechts aufgesetzt werden. Indessen hebt ja Ledderhose selbst hervor, dass dieser Fall nach den Verhältnissen, wie sie später gefunden wurden, zur Operation gewiss nicht geeignet war.

Der schiefe Schnitt hat nach Wölfler (l. c. p. 17) folgende Vorzüge:

1) Der kranke Magentheil präsentirt sich sofort und ist nicht blos die rechte Hälfte des Magens, sondern auch Pylorus und Duodenum besser zu übersehen.

2) Verhütet man dadurch viel leichter den Prolaps der Intestina.

3) Bei eventueller Verwachsung des Carcinoms mit dem Peritoneum lassen sich vom Schnitte aus sogleich adhärente Partien der Bauchdecken und des Peritoneums im ganzen Umfang leicht excidiren.

ad 1. Die Erfahrung hat gezeigt, dass das Aufsuchen des kranken Theils von dem Längsschnitt in der Mittellinie aus gar keine Schwierigkeiten macht. Ich will zugeben, dass bei weit ausgebreiteten und grossen Carcinomen die Ausführung der nöthigen Manipulationen vom Schnitt in der Linea alba schwieriger ist, wie vom Querschnitt aus. Davon habe ich mich im 2. Falle meiner Probeincision überzeugt: das Hervorholen des colossalen carcinomatösen Tumor war schwer. Indessen glaube ich, dass solche ausgedehnte Carcinome besser unoperirt bleiben, weil es dann auch gewöhnlich schon Verwachsungen und Metastasen gibt, wie in dem eben erwähnten meinigen Falle und auch in dem von Billroth operirten ersten Fall, wo auch das Carcinom sehr ausgedehnt war und wo schon nach wenigen Monaten das Recidiv eintrat.

ad 2. Ueber Prolaps der Intestina hat bis jetzt Keiner, der den Schnitt in der Mittellinie gewählt hat, geklagt. Dieser Punkt machte mir in keinem Fall der bis jetzt wegen Pyloruscarcinom und Ulcus gemachten Laparotomien (7 Fälle) irgend welche — auch nicht die geringste — Sorge und Arbeit. Auch ist es nicht einzusehen, wie es viel leichter sein soll, von einem Querschnitt aus den Prolaps der Intestina zu verhüten. Man sollte doch im Gegentheil glauben, dass bei zufälligen Contractionen der Bauchdecke der Querschnitt in Folge der Contraction der

durchschnittenen Muskeln mehr klaffend gemacht wird und so ein Vorfallen der Intestina höchstens noch erleichtern würde.

ad 3. Oberflächliche entzündliche Verklebungen des Pylorustumors mit dem Bauchdeckenperitoneum werden sich auch vom Längsschnitt aus leicht trennen lassen; eventuelle carcinomatöse, bis auf die Bauchmuskulatur übergehende Verwachsungen freilich nicht. In solchen Fällen wäre der Querschnitt über den Tumor der einzig richtige, wenn diese Fälle zur Resection überhaupt geeignet wären. Billroth selbst hat aber auf dem letzten Chirurgen-Congress eine strenge Auswahl der operationsfähigen Pyloruscarcinome anempfohlen, und ich würde solche Fälle, wo schon ein Uebergreifen des Carcinoms auf die Bauchfascien und Muskulatur stattgefunden hat, als unoperirbar betrachten, wenn auch die Obduction des 2. Billroth'schen so beschaffenen Falls gezeigt hat, dass eine vollständige Exstirpation des Carcinoms auch dann noch möglich ist. Es bleibt nur die Frage, wie lange das Recidiv hätte auf sich warten lassen.

Nachtheile soll nach Wölfler der Querschnitt keine haben. Nun kann ich nicht verschweigen, dass in dem 2. Fall von Bardenheuer (Nr. 17) der Tod am 8. Tage nach der Operation in Folge einer partiellen Peritonitis entlang des Querschnitts eingetreten ist. Die Magennähte haben sehr gut gehalten, so dass nach Bardenheuer selbst der Tod diesem Umstande zuzuschreiben ist. Bardenheuer schreibt mir: »Ueberhaupt will mir der Querschnitt nicht behagen, weil die Vernähung desselben durch die Retraction der quer durchtrennten Muskulatur erschwert wird«.

In meinem letzten Falle von Probeincision, wo ich den Schnitt rechts von der Linea alba halbmondförmig führte, dabei also nicht nur die Rectusscheide, sondern auch einen Theil seiner Fasern durchtrennt habe, ist auch eine Eiterung in der Rectusscheide aufgetreten. Ich will ja nicht behaupten, dass es nicht möglich ist, dieses bei strengster Antisepsis meist zu vermeiden, in seltenen Ausnahmefällen ereignet es sich doch; bei dem Schnitt in der Mittellinie ist es unmöglich.

Nach alledem halte ich den Schnitt in der Linea alba für den **in der Regel** anzuwendenden, in einzelnen bestimmten Fällen mag der Querschnitt direkt über den Tumor angezeigt sein.

Ein sorgfältige Blutstillung muss vor Eröffnung des Peritoneums stattfinden.

Ist die Bauchhöhle eröffnet, so hat man sich jetzt nochmals über die Verhältnisse des Pylorus genau zu orientiren, und findet man, dass der Fall nicht allen bei den Indicationen angegebenen Bedingungen entspricht, so muss man es bei der Probeincision bewenden lassen, und die Bauchhöhle schliessen. Nur in seltenen Ausnahmefällen, wie in dem Lücke-

sehen, wird man auch jetzt noch nicht ganz klaren Einblick in die Verhältnisse bekommen können; in der Mehrzahl der Fälle wird man sich nicht nur in Betreff der Ausdehnung und der Natur des Tumors, sondern auch über die etwaigen Verwachsungen und das Verhalten der angrenzenden Organe orientiren können.

2. Operationsact. Hervorziehen und vollständige Isolirung des zu resecirenden Pylorus.

Hat man sich überzeugt, dass der Fall zur Operation geeignet ist, so zieht man den Tumor, soweit es geht, empor und schreitet zur Durchtrennung seiner Verbindungen und zwar zuerst des grossen Netzansatzes, des Lig. gastro-colicum. Man kann hierbei in doppelter Weise verfahren: entweder mit einer Aneurysmennadel doppelte Massenligaturen anlegen und zwischen ihnen durchschneiden, oder »in der Weise, dass »mit einer anatomischen Pincette stumpf zwischen den Blättern des grossen »Netzes eingegangen und dasselbe in kleinen Partien zwischen zwei »Klemmzangen gefasst wird; die Klemmzangen bilden günstige Schnür»furchen für die Anlegung der Ligaturen« (Billroth). Wölfler empfiehlt das Durchtrennen mit dem Thermocauter zwischen den Ligaturen; mir erscheint das Durchschneiden mit dem Messer einfacher. Nur ganz durchsichtige und von Gefässen freie Partien des grossen Netzes darf man stumpf ablösen. Bemerkt man bei der Ablösung vergrösserte Lymphdrüsen, so werden diese mit entfernt. — In ähnlicher Weise verfährt man am kleinen Netz, nur dass hier die Unterbindungen manchmal schwieriger sind.

Man muss sich hüten, ja nicht weiter die peritonealen Verbindungen vom Magen und Duodenum abzutrennen, als bis zu der Linie, in welcher man die Resection beiderseits auszuführen beabsichtigt; da ein über diese Grenzen hinausgehendes Ablösen ein späteres Absterben der Wundränder und Auseinandergehen der Naht zur Folge hat, wie das die Experimente von Madelung und mir zeigen.

Die freiliegenden Theile des Magens und Duodenums müssen, so weit sie reponirt werden sollen, mit gut desinficirten und erwärmten Compressen während dieses ganzen Operationsactes bedeckt bleiben.

Sollten geringe Adhäsionen des Pylorus mit dem Pancreas vorhanden sein, welche man früher nicht entdeckt hat, so werden sie schrittweise getrennt; nur wird man hier nicht selten behufs sicherer Blutstillung Umstechungen in der Panoreassubstanz anwenden müssen.

Beim Ulcus ventriculi, das sich tiefer in die Pancreassubstanz hineingebohrt hat, wird man — wie in meinem Fall Nr. 22) — auch Theile vom Pancreas mitentfernen müssen.

Hat man den ganzen Tumor frei isolirt, so werden desinficirte Compressen unter ihn gezogen und er über die Bauchdecken emporgehoben.

3. Operationsact. Resection des erkrankten Pylorus.

Bei diesem Operationsact weicht die von mir angegebene Operationsmethode von der Billroth'schen ab: Während ich einen instrumentellen Verschluss der Magen- resp. Duodenallumina vermittelst unserer elastischen Compressorien anempfehle, hält Billroth dieses für überflüssig. Freilich hat er in letzter Zeit entgegen den früher ausgesprochenen Ansichten Wölfler's wenigstens den Abschluss des Duodenums durch eine provisorische Seidenligatur ausgeführt und ist dieses auch von Wölfler darauf als zweckentsprechend beschrieben.

Ich habe schon in meinen oben citirten Arbeiten die Nothwendigkeit und Einfachheit des instrumentellen Verschlusses zu beweisen gesucht, und ebenso Wehr, so dass ich mich hier kurz fassen kann.

Unstreitig reichen wenige Tropfen vom Magen- resp. Darminhalt aus, um eine tödtliche Peritonitis hervorzurufen. Dieses Ereigniss mit Sicherheit zu vermeiden, ist beim Offenlassen des durchschnittenen Lumina gewiss nicht für jeden Fall möglich. Wie leicht macht der Patient eine unvorhergesehene Bewegung, wie leicht können Brechbewegungen plötzlich eintreten und unversehens Magen- resp. Darminhalt aus dem durchschnittenen Lumen herausschleudern. In meinem 2. Falle von Pylorusresection, wo ich eigenartiger Verhältnisse wegen das Compressorium auf das Duodenum nicht anlegen konnte, sahen wir, wie sich von Zeit zu Zeit ohne irgend welche Bewegungen von Seiten des Patienten kleinere, gallengefärbte Flüssigkeitsmengen aus dem Duodenum entleerten, so dass ein Assistent genau aufzupassen hatte, um ein Vorbeifliessen in die Bauchhöhle zu vermeiden. Dass dieses trotz der grössten Aufmerksamkeit nicht immer zu vermeiden ist, beweist der Fall von Nicolaysen (Nr. 6), wo »pendant l'opération un liquide de couleur bilieuse »repassa le duodénum, et une goutte coula quelque peu sur la surface »péritonéale de l'intestin«. Freilich wurde dieses sogleich aufgewischt, in wie weit aber das Aufwischen sicher vor Infection schützt, will ich dahingestellt sein lassen. Bei der Obduction fand man gallige Flüssigkeit auf dem Duodenum, dieselbe soll jedoch nach Nicolaysen's Meinung aus der Gallenblase ausgeschwitzt sein (?). — Wenn also Billroth in seinen 5 — resp. mit dem Wölfler'schen — 6 Fällen das Unglück sich nicht ereignet hat, dass etwas vom Magen-Darminhalt in die Bauchhöhle geflossen wäre, so beweist dieses blos, dass er sehr geschickte und aufmerksame Assistenten hat; es beweist aber nicht, dass es sich in Zukunft einmal bei einem unvorgesehenen Vorkommniss nicht ereignen könnte, wie das der eben erwähnte Fall Nicolaysen's positiv beweist.

Ich sehe also nicht ein, weshalb ich mich bei einer an und für sich so schwierigen Operation eines Erleichterungs- und Sicherheitsmittels be-

rauben sollte, um mich während eines grossen Theils der Operation, wo ich mit anderen Manipulationen beschäftigt bin, um den ev. Ausfluss von Magen-Darminhalt noch zu ängstigen, wenn sich dieses sicher, einfach nnd leicht durch ein Instrument vermeiden lässt. Für das Duodenum hat es nun Billroth — wie schon bemerkt — anerkannt, wollen hoffen, dass es auch für das durchschnittene Magenlumen geschehen wird.

Hat man am Magen die Compressorien angelegt, so wird man nicht in die Versuchung kommen, den Magen von dem durchschnittenen Lumen aus mit Salicyllösung auszuspülen oder den Rest seines Inhalts mit Schwämmchen wegzutupfen. Ich halte dieses für unerlaubt, weil dabei unglücklicher Weise etwas in die Bauchhöhle einfliessen oder vom Schwamm abträufeln könnte. Hat man vor der Operation den Magen mit Salicylsäure gründlich ausgespült und desinficirt, so kann auch etwas Flüssigkeit darin zurückbleiben, wenn sie sich nicht vollständig durch die Magenpumpe entleeren liess; dies wird keineswegs auf die Naht übel einwirken. Können wir dieselbe doch so wie so auf keine Weise vom Bespülen mit Flüssigkeit selbst nur kurze Zeit nach der Operation vollständig schützen, sei es mit Magensaft oder rückstauendem galligen Duodenalinhalt.

Wir verfahren also folgenderweise:

Ist der Tumor von seiner Verbindung losgelöst, so wird eine kleine Compresse von antiseptischer Gaze, die man in erwärmte 2% Carbolsäurelösung getaucht hat, unter denselben untergezogen. Hierauf werden die elastischen Compressorien angelegt. Dies gelingt ohne über die Resectionsstelle gehende Ablösung der ligamentösen Verbindungen. Sollte dies ausnahmsweise Schwierigkeiten machen, so könnte man den Gummi durch die Netzverbindungen zweimal durchstechen zu beiden Seiten der Branchen, um so dieselben nicht nur zusammenzubinden, sondern auch vom Abrutschen sicher zu stellen. Bei der gleich näher zu beschreibenden schrägwinkligen Durchschneidung des Magens legt man das Magen-Compressorium schräg an denselben an. — Die Compressorien müssen etwas über $1\frac{1}{2}$ Ctm. weit seitwärts vom Tumor angelegt werden. Der Magen und das Duodenum werden so durchschnitten, dass etwa $\frac{3}{4}$ Ctm. von ihren Wandungen aus den Compressorien hervorragen. In dem Moment, wo die betreffende Wandung durchschnitten ist, muss der Assistent den losgetrennten Theil sammt dem Compressorium über die Bauchwand nach aussen wenden und das Lumen mit einem Tampon reinigen und abspülen. Für gewöhnlich wird man den Magen zuerst vom Tumor trennen. In gleicher Weise verfährt man am Duodenum. Sobald man die Wandungen durchschnitten hat, quillt die Schleimhaut aus dem Lumen hervor und muss nachträglich im Niveau der übrigen Darm- resp. Magenwand abgeschnitten werden. Hierauf erfolgt vor der

Naht genaue Blutstillung der aus den Wandungen spritzenden Arterien, nöthigenfalls durch Unterbindung mit feinem Catgut.

Hatte man aber den Magen einfach senkrecht zu seiner Längsaxe durchschnitten, so passten die zur Naht gestellten Ränder nicht. Gussenbauer und Kaiser haben deshalb bei ihren Experimenten unten am Magen einen Zwickel gebildet, indem sie einfach die übriggebliebenen Wundpartieen mit einander vereinigten (Occlusionsnaht). In dieser Weise verfuhr auch Billroth in seinem zweiten Fall, wie es die getreu nach Wölfler copirte Figur Nr. VI *a* und *b* Taf. 1 zeigt. Dieser Fall beweist aber zugleich, wie schlecht dies Verfahren ist: es bildet sich unten ein Divertikel, in dem ein Theil der Nahrung sich aufstauen muss. Kommt dazu noch eine Drehung oder eine Abknickung an der Vereinigungsstelle, so kann sich der Magen gar nicht entleeren, und es tritt, wie im Billroth'schen Falle, Erbrechen ein, das wegen Undurchgängigkeit an der Verbindungsstelle des Magens mit dem Duodenum zum Tode führt. Solches habe ich bei meinem ersten operirten Falle (Nr. 2) a priori befürchtet, und deshalb eine Operationsmethode der Verkleinerung des Magenlumens angewendet, die mit geringer Modification später auch von Billroth geübt wurde und jetzt allgemein angenommen ist. Ich habe, um die Bildung des Zwickels unten zu vermeiden, den ich entstehen sah, als ich die senkrecht durchschnittenen Magen- und Duodenalwundränder durch die Ringnaht vereinigt hatte, einfach ein Dreieck, dessen einen Schenkel der überschüssige Wundrand bildete, aus der grossen Curvatur ausgeschnitten und so ziemlich die natürliche Form des Magens wiederhergestellt (cfr. Taf. I Fig. 1 *a* und *b*). Meine Schnittlinie *a b c* war in diesem Fall eine schrägwinklige von rechts oben nach links unten. Das Duodenum wurde an die kleine Curvatur angenäht.

Auf dem X. Chirurgen-Congress zu Berlin am 8. April 1881 habe ich[1]) eine Schnittführung mittelst Zeichnung demonstrirt, von der Fig. III *a* und *b* Taf. 2 eine Copie darstellt. Hier ist der Schnitt schrägwinklig von oben links nach unten rechts geführt und das Duodenum an die grosse Curvatur angenäht.

Billroth hat sich von seinem 3. Fall ab, nachdem er sich bei der Obduction des zweiten von der verhängnissvollen Bedeutung des Divertikels unten überzeugt hat, einer der unserigen ganz ähnlichen Schnittführung bedient: er durchschneidet den Magen schräg (ohne die Abknickung der Schnittlinie) von rechts oben nach links unten, wenn er das Duodenum oben an der kleinen Curvatur annähen will (cfr. Taf. 1, Fig. II *a* und *b*) und soll das Duodenum mit der grossen Curvatur ver-

[1]) Rydygier, Ueber Magenresection, Verhandlungen der Dt. Gesellschaft für Chirurgie X. Congress 1881, p. 40.

einigt werden, so wird der Schnitt schräg von links oben nach rechts unten geführt (cfr. Taf. 2, Fig. IV *a* und *b*).

Wölfler muss mich missverstanden haben, wenn er das in Wien später geübte Verfahren als principiell verschieden von dem meinigen darstellt. Man braucht nur die beigegebenen Zeichnungen zu vergleichen, von denen Fig. I *a* und *b* und Fig. III *a* und *b* das von mir geübte Verfahren illustriren, und Fig. II *a* und *b*, Fig. IV *a* und *b* und Fig. V *a* und *b* das in Wien gebräuchliche, so wird man sich auf den ersten Blick von der Aehnlichkeit überzeugen; ja Fig. I *b* und II *b*, ferner Fig. III *b* und IV *b* sind ganz identisch.

Der Hauptunterschied liegt nur in der abweichenden Bezeichnung: während ich nämlich das weggeschnittene Stück bezeichnete, bezeichnet Wölfler die Schnittlinie. Dass ich bei meinem ersten Fall (Fig. I *a* und *b*) nicht sofort in der Richtung *abc* geschnitten habe, lag einfach daran, dass ich die Methode nicht fertig hatte, sondern erst auf dem Operationstisch sie mir bilden musste.

Ein geringer Unterschied in der Schnittführung liegt freilich auch darin, dass meine schräge Linie eine winklig gebrochene ist. Indessen ist dies kein principieller Unterschied, wie es am besten die Wölfler'schen Figuren V *a* und *b* beweisen: sie beruhen auf demselben Princip, wie seine vorhergehenden, und haben dieselben schrägwinkligen Linien wie meine Figuren. Ich glaube auch nicht, dass die Wölfler'sche Modification irgendwie vortheilhafter wäre. Im Gegentheil sie verschlechtert die Methode ganz bedeutend. Dadurch entsteht nämlich im Punkt *b*, der schon an und für sich ein punctum minoris resistentiae wegen des Zusammenstossens von 3 Nahtlinien darstellt, eine Zerrung — wie dies deutlich Fig. II *b* und IV *b* zeigt: der künstlich an das Duodenum verzogene Punkt *b* und die durch die Naht erst winklig gebrochene Linie *ac* haben das Bestreben, in ihre gerade Richtung zurückzukehren. Diese Zerrung vermehrt die Gefahr des Auseinandergehens der Naht im hohen Grade. In dem Lücke'schen Falle ist auch gerade an dieser Stelle die Naht insufficient geworden. Deshalb scheint es mir besser zu sein, den Schnitt gleich schräg winklig zu führen. Die unten folgenden Daten beweisen — wie ich das auf dem letzten Chirurgen-Congress des Näheren gezeigt habe — dass ich diese Methode zuerst und früher sowohl angegeben, als auch angewendet habe. Massgebend sind in dieser Beziehung folgende Zahlen:

Rydygier operirt am 16. November 1880, publicirt am 11. December 1880 resp. am 8. März 1881.

Billroth operirt am 12. März 1881, publicirt Anfangs Mai 1881 durch Wölfler.

Ich würde also solche Schnittführungen am Magen empfehlen:

1) Erstreckt sich der krankhafte Process gleich weit

auf beide Curvaturen, oder weiter auf die kleine, als auf die grosse, so ist der Schnitt schräg-winklig von links oben nach rechts unten zu führen und das Duodenum an die grosse Curvatur anzunähen (Taf. 2, Fig. III *a* und *b* und IV *b*. Bei diesem Schnitt fällt die Form des Magens am besten aus, und etwaige im Magen angesammelte Flüssigkeit drückt mit ihrer Schwere nicht direkt auf die Occlusionslinie.

2) Erstreckt sich der krankhafte Process weiter auf die grosse Curvatur, als auf die kleine, so muss der Schnitt schräg-winklig von links unten nach rechts oben geführt und das Duodenum an die kleine Curvatur angenäht werdeu (Taf. 1, Fig. I *b* und II *b*).

Für die jedenfalls seltenen Fälle, wo der krankhafte Process mehr die Curvaturen einnehmen und die Mitte freilassen sollte, hat Wölfler die durch die Fig. V *a* und *b* illustrirte Schnittführung anempfohlen. Ob aber das von den Netzansätzen abgelöste Magenstück *abcd* hinlänglich ernährt werdeu wird, ist nach den Madelung'schen und den meinigen diesbezüglichen Versuchen sehr zu bezweifeln, und ich würde diese Schnittführung nicht wagen, sondern lieber das betreffende Stück Magenwand opfern.

3) Bei geringer Lumendifferenz und dort, wo es die Verhältnisse des Duodenums erlauben; kann die von Wehr anempfohlene Ausgleichung der Differenz mittelst schräger, ovalärer, lappenförmiger oder winkliger Schnittführung am Duodenum ausgeglichen werden, wie ich es in meinem zweiten Falle (Nr. 22) gethan habe.

Um die instrumentelle Compression und zugleich ein Entschlüpfen der durchschnittenen Theile zu verhindern, verfährt Billroth bei der Durchtrennung der Magen- und Duodenalwandung nach Wölfler's Beschreibung folgendermassen (l. c. p. 20 u. f.):

Man fasst das Carcinom mit einer breiteu Muzeux'schen Zange und übergibt es dem Gehülfen. Die Schnittführung zeigen die Figuren II *a* und *b*, und IV *a* und *b*: Man trennt in entsprechender Entfernung vom Carcinom mit 2—3 Scheerenschlägen die beiden Magenwände auf einmal so weit, dass blos ein dem Duodenallumen entsprechendes Stück Magenwand stehen bleibt. Nach jedem Scheerenschlage werden alle spritzenden Gefässe mit Schieberpincetten gefasst und vor Anlegung der Occlusionsnaht mittelst feiner antiseptischer Seide unterbunden. Sollte der Magen nicht vollständig leer gewesen sein, so müsste man jetzt vom Magenlumen aus mittelst eigener hierzu bestimmter Schwämme den Inhalt aufsaugen und schliesslich noch mit einem desinficirten Schwamme die Magenwände von innen auswischen. Es werden hierauf die durchschnittenen Magenränder vereinigt (Occlusionsnaht). Erst nachdem dieses

geschehen, wird der restirende Theil der Magenwand durchgeschnitten. Jetzt hängt der carcinomatöse Pylorus noch am Duodenum. Auch dieses wird nunmehr in entsprechender Entfernung vom Carcinom mit der Scheere durchtrennt, und, damit es nicht entschlüpfe, vor seiner gänzlichen Durchtrennung mit 2—3 Seidenfäden fixirt, die durch die vordere Wand durchgehen. Auch am Duodenum exacte Blutstillung aus der Darmwandung. In das Duodenallumen kann provisorisch ein kleines Schwämmchen gebracht werden; in letzter Zeit wurde eine provisorische Seidenligatur um das Duodenum angelegt.

4. Operationsact. Vereinigung des Magens mit dem Duodenum.

Die Naht wird nach Art der Czerny'schen Darmnähte doppelreihig angelegt, und, um ein auch geringes Auseinanderweichen der Schleimhäute zu verhindern, habe ich gleich in meinem ersten Fall noch eine dritte Reihe, die Schleimhautnaht, die an der hintern Wand von innen angelegt und nach innen geknotet wurde, angelegt, wodurch sicher die ganze Wundfläche der Magen-Darmwand gedeckt wird. Nachdem Hahn darauf aufmerksam gemacht hat, dass in seinem Fall der tödtliche Ausgang dem Auflösen der Naht durch die rückstauenden Kothmassen zuzuschreiben sei, halte ich diese Nahtreihe für sehr wichtig.

Sowohl die Occlusions- wie die Ringnaht wird nach diesem Princip angelegt.

Man kann die Occlusionsnaht vor der Ringnaht, oder auch umgekehrt anlegen.

Die Ringnaht fängt man an der kleinen Curvatur an anzulegen und vereinigt zuerst die hintere Wand mit der Czerny'schen inneren Nahtreihe. Hat man meine Compressorien so angelegt, dass ihre oberen Enden nicht weit über die kleine Curvatur vorstehen, so fällt es nicht schwer, das Duodenum und den Magen umzudrehen, um diesen Theil der Naht ganz exact anzulegen. Etwas bequemer kann man diesen hinteren Abschnitt der Naht von innen in der Weise anlegen, wie es Péan zuerst beschrieben (l. c. p. 521): »pour les premières, le noeud fut tourné en dedans du côté de l'intestin«. — Wölfler erfindet dieselbe Naht etwa 2 Jahre später von neuem und beschreibt sie des Genaueren als seine »innere Naht« (l. c. p. 22). Auch Wehr hat sie bei mehreren seiner Experimente vor Wölfler benutzt.

Bevor man nun die innere Nahtreihe vorne anlegt, vereinigt man mit einigen wenigen Nähten sowohl hinten, wie vorne die Schleimhautränder. Ist die ganze erste Czerny'sche Nahtreihe angelegt, dann nehme ich meine Compressorien ab. Die zweite Czerny'sche Nahtreihe wird in umgekehrter Reihenfolge von oben und vorn herum an-

gelegt. Den Punkt *b*, wo die drei Nahtlinien zusammenstossen, kann man durch zwei kreuzweise angelegte Nähte verstärken. Jedenfalls müssen wir auf diesen Punkt unsere besondere Aufmerksamkeit richten; wie auch die ganze Nahtlinie vor der Versenkung nochmals genau besichtigen.

Als Nähmaterial gebraucht Billroth u. A. feinste antiseptische Seide, Péan, ich u. A. benutzten Catgut. Wie ich schon in meiner Arbeit über Darmnaht[1]) hervorgehoben habe, kommt es hier nicht so sehr darauf an, womit man näht, sondern wie man näht, was auch Albert[2]) hervorhebt.

Ob für die innere Nahtreihe die Kürschnernaht oder für die äussere die Madelung'sche Knorpelplattennaht anzuempfehlen sei, darüber kann erst die Zukunft entscheiden.

Hat man die Naht gut schliessend gefunden, so wird die genähte Partie mit in lauwarmer, schwacher Carbollösung getauchten Tampons sanft abgetupft, gereinigt und reponirt.

5. Operationsact. Die Bauchdeckennaht.

Mit abwechselnden oberflächlichen und tiefen, das Peritoneum durchgreifenden Nähten wird die Bauchwunde vereinigt. Man kann auch die Plattennaht mit Vortheil anwenden.

1) Rydygier, Ueber circuläre Darmresection mit nachfolgender Darmnaht. Berl. klin. Wochenschrift 1881, Nr. 41 u. f.

2) Albert, Lehrbuch der Chirurgie. 2 Aufl., III. Bd., p. 378.

Anhang I. Zusammenstellung de[illegible]

Nr.	Operateur	Quellenangabe	Geschlecht und Alter des Operirten	Datum der Operation	Indication	O[illegible]	
						Bauchschnitt	Lumenve[illegible]
1.	*J. Péan*	Diagnostic et traitement des tumeurs de l'abdomen et du bassin. Paris 1880 p. 517—524.	M. ? J.	9. Apr. 1979	Carcinoma pylori, das eine Fortsetzung ins Mesocolon schiekte, aus kleinen unregelmässigen Läppchen.	In der Linea alba 5 Querfinger lang oberhalb und unterhalb des Nabels, denselben ein wenig nach links umkreisend.	Durch Emp[illegible] der durch[illegible] nen Ende[illegible] sistenten [illegible] Ausfliessen [illegible] Mageninha[illegible] bindert [illegible] dem wurde [illegible] nem langen [illegible] cart der [illegible] punktirt [illegible] Inhalt [illegible] drückt.

Hierauf wird gewöhnlicher Listerverband **ohne Drainage** angelegt. **Bardenheuer** empfiehlt auch für die Pylorusresection die Drainage.

In der **Nachbehandlungs-Periode** hat man seine Hauptsorge auf die Ernährung des Patienten zu richten, ohne seinen Magen zu belästigen. Die ersten 24—48 Stunden wird man mit ernährenden Klystieren sein Leben fristen. Von da ab kann man entsprechend dem Kräftezustande und dem übrigen Verhalten des Patienten mit der Darreichung von flüssiger Nahrung anfangen. Man wird dabei achten, welches von den flüssigen Nahrungsmitteln der Patient vor der Operation am besten vertragen hat. Die **Billroth**'sche erste Patientin hat z. B. die vor der Operation ihr wohlbekommene saure Milch auch nach der Operation sehr gut vertragen.

Ausserdem kann man wohl etwas Opium geben, um den Magen-Darmkanal möglichst in Ruhe zu setzen; Eispillen beim starken Durst und Brechneigung; Wein und Campher beim Collaps. Ferner dürfte sich im letzteren Falle eine Bluttransfusion empfehlen, wie es **Péan** zweimal, wenn auch nur mit einem vorübergehenden Erfolge, versucht hat.

Geht es mit allem gut, so kann man in der 2. Woche mit leichter Fleischnahrung anfangen.

›ekannten Pylorusresectionen.

›nd sonstiges der resecirten ›heile	Ausgleichung der Lumendifferenz	Anzahl und Art der Nähte	Nähmaterial	Dauer der Operation	Verlauf und Ausgang
›yloruscarci- ›ar 6 Ctm. ›nd 4 Ctm. Der Tumor ›ocolon hatte ›rösse einer ›on de grosdinaire«.	Fehlt eine genaue Angabe: »autant que possible«. Jedenfalls ist angegeben, dass dieser Act die meisten Schwierigkeiten machte.	? Anzahl. — Ein Theil der Nähte wurde nach innen im Darm geknotet; ein anderer nach aussen, in dem zugleich mit der Schleife das Netz zusammengefasst wurde. Immer wurde darauf geachtet, dass die Peritonealflächen aneinander zu liegen kamen.	Catgut	$2^1/_2$ Stunden	Nährklystier die ersten 2 Tage. Am Ende des 3. Tages und am 4. Bluttransfusion. Tod am 5. Tage an Inanition, als gerade Vorbereitungen zur 3. Transfusion gemacht wurden. Section von den Angehörigen verweigert.

Nr.	Operateur	Quellenangabe	Geschlecht und Alter des Operirten	Datum der Operation	Indication	Bauchschnitt	Lumenvers
2.	*Rydygier*	Przegląd Lekarski 1880, Nr. 50 und Dtsche Zeitschr. für Chirurgie XIV. Bd. 3. und 4. Heft.	M. 64¾ J.	16. Nov. 1880	Carcinoma pylori (Scirrhus).	In der Linea alba vom Proc. xiphoideus bis zum Nabel.	Durch mei schen Co rien.
3.	*Billroth*		W. 43 J.	29 Januar 1881	Alveolares Gallertcarcinom des Pylorus.	Quer über die Geschwulst von rechts unten nach links oben oberhalb des Nabels 11 Ctm. lang.	Durch Empo Unterlegen Compressen Schwämmen durch die A Durchtrenn wurde ein e Ausfliessen Mageninhal möglich ge
4.	*Billroth*	Wiener med. Wochenschr. 1881 Nr. 6 und Wölfler Ueber die vom Herrn Prof. Dr. Billroth ausgeführten Resectionen d. carcinomatösen Pylorus. Wien 1881. ferner: Wien med. Wochenschrift 1881, Nr. 11, Nr. 22; 1882. Nr. 14.	W. 39 J.	28. Februar 1881	Epithelialkrebs des Pylorus.	Quer über die Geschwulst von rechts oben nach links unten oberhalb des Nabels 12 Ctm. lang. Der linke Musc. rectus wurde durchschnitten.	Hervorziehe Unterlegen Schwämmen Servietten. spülung m warmem W und Austu Schwämmen
5.	*Billroth*		W. 38 J.	12. März 1881	Medullarcarcinom des Pylorus.	Zwei Querfingerbreit über dem Nabel quer über die Geschwulst 12 Ctm. lang.	Unterlegung inficirten S men und d Art der S führung u anlegung.

nd sonstiges der resecirten Theile	Ausgleichung der Lumendifferenz	Anzahl und Art der Nähte	Näh-material	Dauer der Operation	Verlauf und Ausgang.
Längs- $3^1/_2$ Querdurch- . Zugleich 2 aus dem um maj. und dem Omen- in. mit ant-	Durch Ausschneiden eines Dreiecks nnten an der grossen Cnrvatur, so dass die Schnittlinie eine winklig gehrochene. von rechts nach links schräge Linie darstellt.	Etwa 12 Occlusionsnähte, 43 Ringnähte nnd 5 Schleimhautnähte. Doppelreihige Czerny'sche Naht u. innen als 3. Reihe die Schleimhautnaht.	Catgut	Mit d. Narcose etwa 4 Stunden	Campher subcutan; Opiumtincturm. Wein, Peptonklystier. Nachts Morphiuminjection. Tod 12 Stunden nach der Operation an Collaps. Obduction: Alles Krebsige entfernt; keine Metastasen in anderen Organen der Bauchhöhle; keine Zeichen von Peritonitis.
grossen Cur- 14 Ctm., an inen 10 Ctm. kaum für Bruns'sche durch- . Eine ha- sgrosse ndrüse und ne Knötchen dem Lig. ga- licum mitent-	Durch einen schrägen Schnitt von rechts oben nach links unten. Duodenum an die kl. Curvatur angenäht.	Zur Occlusionsnaht 21, zur Ringnaht 30 theils oberflächlich, theils tiefer gelegene Suturen.	Seide	$1^1/_2$ Stunden.	Günstig: Temp. 3 mal 39,0; sonst schwankt sie zwischen 37-38,4 C. vom 15. Tage an normal. Anfangs bekam Pat. Eis, saure Milch, süsse Milch, allmählich Kaffee, Cacao, Thee, Portwein, Eier, Bisquit und Schinken, am 20. Tage Schnitzel. Decubitus. Nach 22 Tagen geheilt entlassen. Recidiv. Kaum 4 Monate nach der Operation. Tod.
grossen Cur- 10 Ctm., an einen 5 Ctm. für die Fin- tze durch- . Carcinom r Oberfläche t.	Starke Zwickelbildung unten, Duodenum an d. kleine Curvatur angenäht.	28 tiefe und oberflächliche Occlusions- und 30 Ringnähte.	Seide	$2^3/_4$ Stunden	Anfangs günstig, später in Folge des abgeknickten grossen Blindsackes an der gr. Curvatur Stauung der Speisen, galliges Erbrechen und Tod am 8. Tage nach der Operation an Inanition, trotz Lösung der Nähte am 7. Tage und Anlegung einer Duodenalfistel.
grossen Cur- 12 Ctm., an einen 5 Ctm. sring für die spitze durch- . Ver- sen mit dem as.	Durch schrägen Schnitt von links oben nach rechts unten und Occlusionsnaht. — Duodenum an die grosse Curvatur angenäht.	36 Ring- und Occlusionsnähte, die hintere Reihe der Ringnähte nach innen geknotet und 3 ganz feine Schleimhautnähte.	Seide	$2^1/_2$ Stunden	Collaps während der Operation; Tod an demselben Tage von 10 Uhr Abends an Collaps. Obduction: Am äusseren Umfange des Pancreaskopfes u. im kleinen Netz carcinomatöse Lymphdrüsen zurückgeblieben.

Nr.	Operateur	Quellenangabe	Geschlecht und Alter des Operirten	Datum der Operation	Indication	Bauchschnitt	Lumenver…
6.	*Nicolaysen*	Nordiskt Mediciniskt Arkiv. Bd XIII, Nr. 27.	W. 37 J.	17. März 1881	Pyloruscarcinom (Cylinderepithelialcarcinom).	Querschnitt parallel dem rechten Rippenrand 3—4 Ctm. unterhalb desselben 10 Ctm. lang.	**Emporheben … Bauchhöhle … legen der … sionsnaht. … gung des M… innern, A… von galliger … sigkeit aus … Duodenumw… der Operatio…**
7	*Bardenheuer*	Die Drainirung der Peritonealhöhle. Stuttgart bei Enke.	W. 54 J.	18. März 1881	Pyloruscarcinom.	2 Zoll unterhalb des rechten Rippenbogenrandes parallel demselben etwa 8 Zoll lang.	**Am Duode… durch provis… Ligatur; am … durch 2 ob… liche Schlin… welchen der M… fundus in die… gehalten so d… Queröffnung … oben sah. U… schieben von … molcompress…**
8.	*Wölfler*	Ueber die vom Herrn Prof. Dr. Billroth ausgeführten Resectiouend. carcinomatösen Pylorus, und Wiener med. Wochenschr. 1882 Nr. 14.	W. 52 J.	8. April 1881	Pyloruscarcinom Gallertkrebs.	Querschnitt oberhalb des Nabels.	**? Verschluss … nigung der M… höhle.**
9.	*Berns*	Weckbl. van het nederl. Tijdschrift v. Geneeskunde 1881 Nr. 21, ref. in Wien. med. Wochenschrift 1881. Nr. 50.	W. 49 J	? April 1881	Pyloruscarcinom.	Vom Proc xiphoideus zum Nabel.	**Nach Einsch… der vordere… genwand und … waschendes M… mit Salicyl… Anlegung v… Klemmzange…**
10.	*Jurié*	Wiener med. Wochenschr. 1881. Nr. 23.	?	Anfang Mai 1881	Pyloruscarcinom.		

…nd sonstigen …der resecirten Theile	Ausgleichung der Lumendifferenz	Anzahl und Art der Nähte	Näh-material	Dauer der Operation	Verlauf und Ausgang
… lang. Im … Netz infil- … Drüsen.	Anlegung von Occlusionsnähten an der gr. Curvatur und Anfügen des Duodenums an die kl. Curvatur.	Anzahl aller Nähte nicht genau angegeben. Invagination nach **Jobert**. Die Nähte gingen theilweise durch die ganze Serosa, theilweise nur durch Serosa und Muscularis.	Catgut		Collaps. Pat. behält nicht d. Nährklystiere, **Tod** 15½ St. nach d. Operation. **Obduction**: Gallige Flüssigkeit auf dem Duodenum. Einige Tropfen lassen sich zwischen den Nähten durchpressen. Trotzdem glaubt N. dass Inanition die Todesursache sei. Keine Carcinommetastasen zu finden in den übrigen Organen.
…m auf die …e Magen- … ausgedehnt, … bis zum Co- … transversum …m Pancreas …uodenum ver-…en. ? Länge.	Durch in die Längeziehen an den Schlingen und Occlusion des Magenquerdurchschnitts von oben. Duodenum an die Curvatura major angenäht.	? Anzahl. **Lembert**'sche und die Serosa fassende Nähte.	Seide	1 Stunde	Anfangs gut; plötzlich 20 St. nach der Operation Mangel an Luft, Blutbrechen. **Tod** 26 Stunden nach der Operation. Obduction: keine Peritonitis, Blut im Magen.
… lang an der …en Curvatur.	Schiefe Durchtrennung des Magens von der kl. Curvatur aus in der Richtung von links nach rechts. — Duodenum an die grosse Curvatur angenäht.	10 Occlusionsnähte, 14 innere und 16 äussere Ringnähte	Seide		Vollständig reactionsloser Verlauf. **Heilung** hat Bestand noch nach einem Jahr.
…e. Tumor mit …liegenden Or-…n fest ver-…hsen. Pan-… abgebunden, … cava auf 10 … blossgelegt.	? Duodenum wurde an die grosse Curvatur angenäht.	Mehr als 100 Nähte **Czerny**'sche Naht.			Tod 4 Stunden nach der Operation. **Obduction**: Naht schloss dicht.
					Tod. Das Carcinom schien v. Aussen leicht beweglich zu sein; erst nach Abtrennung des Carcinoms zeigte es sich, dass das Duodenum zu wenig beweg-

Nr.	Operateur	Quellenangabe	Geschlecht und Alter des Operirten	Datum der Operation	Indication	O	
						Bauchschnitt	Lumenve
11.	*Czerny*	Gütige schriftl. Mittheilung und Langenbeck's Archiv 27. Bd. IV. Heft.	M. 28 J.	21. Juni 1881	Kleinalveolares Gallertcarcinom d. Pylorus.	In der Lin. alba 10 Ctm. lang: 6 Ctm. über dem Nabel, 4 Ctm. unter demselben.	**Kein Ver Unterschiebe warmen T compresses Durchschnei Magens in 2 po's und so Anlegen der sionsnaht.**
12.	*Lücke*	Ledderhose in der DeutschenZeitschr. für Chirurgie XVI. Bd. 3. u. 4. Heft.	M. 33 J.	25. Juni 1881	Scirrhus des Pylorus.	In der Linea alba 8½ Ctm. lang; dazu noch ein 5½ Ctm. langer Querschnitt mitten auf den Längsschnitt nach rechts hin angelegt.	**Durch paralle chige mit röhren über Klemmzange**
13.	*Kitajewsky*	Medicinsk Obosrenije 1881. Ref. im Centralbl. für Chirurgie 1881. Nr. 49.	W. 52 J.	16. Juli 1881	Pyloruscarcinom.	Quer von rechts nach links verlaufend, 4 Ctm. unterhalb des Nabels in der Linea alba endend 12½ Ctm. lang.	**Durch Occlu naht von d Curvatur. Be öffnen des M floss eine gr Quantität demselben, nichts in die tonealhöhle. Duodenum 2 sorische Lig**
14.	*Weinlechner*	Eder, Aerztl. Ber. d. Privatheilanstalt v. J. 1881. Ref. im Centralbl. für Chirurgie 1882. Nr. 21.	M. 47 J.	18. Aug. 1881	Pyloruscarcinom.		

und sonstiges ... der resecirten Theile	Ausgleichung der Lumendifferenz	Anzahl und Art der Nähte	Nähmaterial	Dauer der Operation	Verlauf und Ausgang
					lich sei; die Vereinigung des Duodenum mit dem Magen wurde erst zuStande gebracht, nachdem ein Theil des Pancreas abgelöst worden war.
kl. Curvatur ...tm., an der ...n 5 Ctm. An ... Stelle in der ...tlinieInfiltra- Im Omentum ...uch 2 kleine ...hen zurück- ...ben, die wäh- ...ler Operation ...lüpft waren.	Schnitt von links oben schräg nach rechts unten. Occlusionsnaht. Duodenumandie grosse Curvatur angenäht.	12 Verkleinerungs-, 6 innere und 31 äussere Magennähte nach Czerny.	Seide	$2^1/_4$ Stunde	Sehr glatter Verlauf; kein Fieber mit Ausnahme des 2. Tages; kein Erbrechen. Am 7. Tage copiöser kothiger Stuhlgang; 5 Wochen nach der Operation geheilt entlassen. Ende Januar 1882. Kein Recidiv.
...d $5^1/_2$ Ctm. ...n) lang; für ...inger durch- ...g, mit dem ...eas verwach-	Occlusionsnähte des oberen Magendurchschnitts Duodenum an die grosse Curvatur angenäht. Zu wenig Magenwand zurückgelassen und einige Occlusionsnähte mussten gelöst werden, trotzdem später noch zu viel Duodenalwand, deshalb eine Falte eingenäht.	11 Occlusionsnahte, 26 Ringnähte, davon die an der hinteren Wand innere Nahte.	Seide	$1^1/_4$ Stunde	Tod 10 Stunden nach der Operation an beginnender Peritonitis und Herzschwäche. Obduction: 2 kleine Oeffnungen in der Naht — eine beim Zusammenstossen der Occlusionsnaht mit derRingnaht. Der Kopf des Pancreas von dem Schwanz fast völlig getrennt, dort liegt die V. portae zu Tage. Kleine scirrhöse Stellen in dem hinter dem Pancreas gelegenen Drüsenpackete.
...kt sich ziem- ...eit auf die kl. ...tur. Von der ...n Curvatur 9 ..., von der kl. 10	Durch Verkleinern des Magenlumens von der kleinenCurvatur anfangend Duodenum schräg durchschnitten.	33 Occlusionsnahte, 32 Ringnahte nach Lembert, von denen der hintere Theil nach innen geknotet wird.	Seide	4 Stunden	Tod nach 6 Stunden an Collaps. Obduction: Magenform gut; Ringnähte halten fest; nicht so die Occlusionsnahte. Keine Metastasen.
...e, sehr gross, ...achsen mit Pancreas und linken Leber-...n.				5 Stunden	Tod 5 Stunden nach der Operation.

Nr.	Operateur	Quellenangabe	Geschlecht und Alter des Operirten	Datum der Operation	Indication	Bauchschnitt	Lumenve…
15.	*Billroth*	Wölfler in der Wiener med. Wochenschrift 1881. Nr. 51 und 1882. Nr. 14.	W. 36 J.	23. Oct. 1881	Pyloruskrebs.	Zwei Querfingerbreit über den Nabel 14 Ctm. lang.	Am Duodeu… visorische L… am Magen … den vorigen… Vor der gä… Durchschnei… des Duo… werden 2 … Nähte ange…
16.	*Billroth*	A. Eder, Aerztl. Bericht der Privatheilanstalt v. Jahre 1881. Ref. im Centralbl. f. Chirurgie 1882. Nr. 21.	M. 41 J	5. Nov. 1881	Pyloruscarcinom.		
17.	*Bardenheuer*	Laut gütiger schriftlicher Mittheilung.			Pyloruscarcinom.	Querschnitt.	
18.	*Bardenheuer*	Laut gütiger schriftlicher Mittheilung.			Pyloruscarcinom.		
19.	*Gussenbauer*	Mittheilung auf dem XI. Chirurgen-Congress.		? 1881	Pyloruskrebs.		
20.	*v. Langenbeck*	Mittheilung auf dem letzten Chirurgen-Congress.			Pyloruskrebs.		
21.	*Hahn*	Mittheilung auf dem letzten Chirurgen-Congress und gütige briefliche Mittheilung.	W. 63 J.	19 Mai 1882	Pyloruskrebs.	Quer unterhalb des Nabels auf dem Tumor links von der Linea alba.	

...d sonstiges ... der resecirten ...heile	Ausgleichung der Lumendifferenz	Anzahl und Art der Nähte	Nähmaterial	Dauer der Operation	Verlauf und Ausgang
...grosser Tu- ... Lymphdrü- ...den mit ex- ... erweisen ...er als nicht ...matös.	Schräger Schnitt von links oben nach rechts unten. Occlusionsnähte oben. Duodenum an die grosse Curvatur angenäht.	11 Occlusionsnähte, 26 Ringnähte davon die an der hinteren Wand innere Nähte.	Seide	$1\frac{1}{4}$ Stunde	Verlauf sehr gut. Heilung. 6 Monate später kein Recidiv.
... Ablösung ...umors nahe ... Mesocolon ...raung des ...sceaea Pan-...pfes, wobei ... pancreati- ... die Bauch-...loss.					Tod. Collaps und bei geringer localer Peritonitis am Morgen des dritten Tages.
					Tod am 8. Tage nach der Operation in Folge einer partiellen Peritonitis entlang dem Querschnitt. — Magennaht hatte sehr gut gehalten.
... Verwach-...t dem Pan-... dessen Aus-...gsgang ver-...urde.					Tod am 2. Tage nach der Operation.
... Mit dem ...as verwach-...iele Lymph-...massten mit ...t werden.				2 Stunden	Tod an Collaps 16 Stunden nach der Operation.
... Mit dem ...as verwach-					Tod an Collaps kurz nach der Operation.
...grossen Cur-...1 Ctm lang, ... kleinen ...lit dem Pan-... nicht ver-...a.	Durch Zunähen eines Theils des Magenlumens oben. — Das Duodenum wurde an die grosse Curvatur angenäht.	15 Occlusionsnähte, 25 Ringnähte, Lembert'sche Naht.	Feine carbolisirte Seide	$1\frac{1}{4}$ Stunde	Bis zum siebenten Tage fieber- und reactionslos. Am 8. Tage plötzlich Tod unter den Symptomen einer Perforation. Obduction: Ganz frische Perforationsperitonitis. Lösung d. Ringnaht in Ausdehnung von 2—3 Ctm. Leicht brennhare massenhafte Gase in der Peritonealhöhle.

Pylorusresectionen

Nr.	Operateur	Quellenangabe	Geschlecht und Alter des Operirten	Datum der Operation	Indication	O	
						Bauchschnitt	Lumenve
22.	*Rydygier*	Berl. klin. Wochenschrift 1882. Nr. 3 und Przegląd lek. 1881. Nr. 50.	W. 30 J.	21. Nov. 1881	Stenosirendes Ulcus rotundum in der Pylorusgegend.	In der Linea alba ocerhalh und unterhalh des Nahels 10 Ctm. lang.	Am Magen elastischea pressorien, Duodenum dasselbe ab men wegea thümlicher hältnisse (cfr.
23.	*Lauenstein*	Centralhlatt f. Chirurgie 1882 Nr. 9.	W. 34 J.	3. Jan 1882	Faustgrosse Geschwulst, die anfangs für Carcinom gehalten, später aber als narbige Verdickungen und Verlöthungen sich herausstellte.	In der Linea alba.	Provisorische tur des Du und Hän pression am M nachdem er lorus geöffne mit essig Thonerde spült worden

Anhang II. Kurze Beschreibung der an Hunden ausgeführten Pancreasexcisionen.

1. Versuch. Am 28. Februar d. J. operirten wir eine kleine schwarze Hündin, die vor mehreren Monaten zur Pylorusresection benutzt worden war. Die Lister'schen Cautelen wurden heobachtet, nur benutzten wir, wie auch in den nachfolgenden Experimenten, keinen Spray.

Der Bauchschnitt wurde in der Linea alba gemacht, etwa 7 Ctm. lang; Umsäumung des Peritoneums an die Bauchhaut. Gallenblase und Leher mit der Magenduodenalnarbe verwachsen; Pancreas schwer hervorzuziehen. Ein Stück 2 Ctm. lang wird aus der ganzen Dicke desselhen herausgeschnitten, nachdem es seitwärts mit Seide abgehunden wurde. Die zurückbleibenden Theile werden mehrfach mit Schieberpincetten gequetscht. Naht der Bauchdecken; Jodoformverband. Am 9. März wird der Hund todt gefunden: Bauchwunde bis auf den oheren Wuudwinkel verheilt; jauchige Peritonitis; Verwachsungen der Darmschlingen untereinander; in der Gegend des Pancreas alles matsch und faulig; septische Flüssigkeit im Abdomen.

2. Versuch. Am 3. März d. J. wird ein mittelgrosser schwarzweisser Hund operirt. Schnitt in der Linea alba. Pylorusresection in der gewöhnlichen Weise. Zur inneren Nahtreihe wird die Kürschnernaht, zur äusseren die Madelung'sche Knorpelplattennaht gewählt. — Ausserdem wird aus der ganzen Dicke des Pancreas in seinem Mitteltheil ein 4 Ctm. langes Stück ausgeschnitten, nachdem es vorher seitwärts abgehunden wurde; die zurückbleibenden Stücke werden gequetscht, wie im vorigen Versuch. Naht der Bauchwunde; Verband. Am nächsten Tage Mittags ist der Hund gestorhen; Abends Ob-

ventriculi.

...nd sonstigen ...der resecirten Theile	Ausgleichung der Lumendifferenz	Anzahl und Art der Nähte	Näh-material	Dauer der Operation	Verlauf und Ausgang
7 Ctm., hin- Ctm. lang. verwachsen ...m Pancreas ...m ein Stück ...ntfernt wer- ...sste.	Durch das zungenförmige Ausschneiden der hinteren Wand des Duodenum.	32 innere und 29 äussere Czerny'sche Nähte. Die hintere Reihe wurde nach innen in das Darmlumen geknotet.	Catgut	$3^1/_2$ Stunde	Guter Verlauf. Am 6. Tage erster Stuhlgang. Heilung nach 20 Tagen. Nach 7 Monaten ist Pat. sehr wohlgenährt, hat keine Beschwerden und befindet sich im 5. Monat der Schwangerschaft.
...gr. Curvatur ...., aa der kl. ...m. Ausge- ... Verwach- ... aa der hin- Magenwand ...em Lig. ga- ...licum.	Durch Occlusion des oberen Theiles der Magenwunde. Duodenum an die grosse Curvatur angenäht.	16 Occlusionsnähte, ? Ringnähte. Schleimhautnaht und Czerny'sche Naht, deren hintere Reihe nach innen geknotet wurde.	Kocher'sches Catgut	5 Stunden	Verlauf während der ersten 6 Tage gut, dann Leibschmerzen; Temperatur und Pulsfrequenz steigen. Am 7. Tage Tod. Obduction: Gangrän des Colon transversum.

duction. Todesursache septische Peritonitis; die Nahtstelle hält vollkommen gut; im Uebrigen der Befund ähnlich, wie im vorigen Versuch, nur ist die Fäulniss nicht so weit vorgeschritten.

3. Versuch. Am 8. März d. J. wird einer braunen Hündin der Pylorus und ein grösseres Stück Duodenum nebst einem Theil vom Pancreaskopf, jedoch nicht durch die ganze Dicke des Organs, resecirt. Die zurückbleibenden Pancreasreste werden absichtlich mit Pincetten gequetscht. — Der Hund bleibt gesund.

4. Versuch. Gleich darauf wird das eben excidirte Pancreasstück, welches während der vorigen Operation in Carbollösung gelegen, einem grossen gelben Hunde in die Bauchhöhle eingelegt, nachdem es vorher gequetscht und nochmals mit Carbolsäure abgewaschen worden ist.

Der Hund zeigte gar keine krankhaften Erscheinungen und bleibt am Leben.

5. Versuch. Einem gelben mittelgrossen Hund wird am 26. April d. J. ein kleiner Theil vom Pancreaskopf abgebunden und gequetscht, ohne ihn abzuschneiden; ferner wird aus dem Mittelstück des Organs seine ganze Dicke umfassend ein Stück von $2^1|_2$ Ctm. resecirt in derselben Weise, wie in den vorigen Versuchen; ausserdem wird das zurückgelassene Pancreas an mehreren Stellen stark gequetscht.

Der Hund stirbt am 3. Tage: Todesursache septische Peritonitis; Befund ähnlich wie in Versuch 1 und 2.

6. Versuch. Das excidirte und gequetschte Pancreasstück wird demselben Hunde, wie bei der vorigen Implantation, unter die Leber eingelegt, ohne mit Carbollösung abgewaschen zu werden. Der Hund bleibt vollständig munter.

7. Versuch. Am 20. Mai wird einem grauen Hunde vom Mittelstück des Pancreas ein etwa 5 Ctm. langes Stück aus der ganzen Dicke excidirt. Die zurückgelassenen Theile werden nicht gequetscht. Ausserdem wird ein 2 Ctm. langes Stück Pancreas (ein Theil von dem eben excidirten) in die Bauchhöhle implantirt.

Nach 4 Tagen stirbt der Hund an septischer Peritonitis. In der Bauchhöhle mässige Quantität jauchiger Flüssigkeit; Gedärme fibrinös beschlagen, matt, hyperämisch; die Pancreasgegend matsch, brüchig, von dicklichem Eiter zersetzt; dicklicher Eiter auch im grossen Netz.

8. Versuch. Einer grossen, braungelben Hündin wird ein 8 Ctm. langes Pancreasstück aus der ganzen Dicke des Mittelstücks excidirt ohne etwas zu quetschen. Der Hund kränkelt mehrere Tage, wird zuletzt aber munter und bleibt am Leben. — Am 18. Juli d. J. wird die Hündin behufs Obduction todtgeschlagen. Einige wenige Darmschlingen untereinander verklebt. An der Excisionsstelle eine feste Narbe. Der Schwanztheil des Pancreas sieht grobkörnig aus, macht den Eindruck, als wenn er atrophisch wäre.

9. Versuch. Einer kleinen schwarzen Hündin werden am 20. Juni 2 kleine Stücke vom Pancreaskopf abgebunden und abgeschnitten.

Das Thier erscheint nach der Operation nicht angegriffen und kränkelt auch im weiteren Verlauf gar nicht.

10. Versuch. Einem mittelgrossen, schwarzweissen Hund wird am 15. Juli d. J. ein 6 Ctm. langes Pancreasstück aus der ganzen Dicke des Mitteltheils in der gewöhnlichen Weise excidirt ohne etwas zu quetschen.

Am 6. Tage nach der Operation wird der Hund getödtet, um den Zustand am Pancreas in diesem Stadium zu prüfen. Wir finden folgenden Befund:

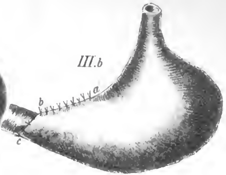
Bauchwunde fast vollkommen verheilt; das Netz mit ihr verwachsen. In der Bauchhöhle mehrere Esslöffel voll einer trüben, blutig-serösen Flüssigkeit; Bauchfellüberzug der Gedärme matt; in der Nähe der Excisionsstelle sind mehrere Darmschlingen mit einander verklebt; an der Excisionsstelle ein abgekapselter Abscess gefüllt mit mehreren Tropfen dicklichen Eiters, in welchem die Ligaturfäden liegen; im Uebrigen das Pancreas nicht auffallend verändert.

11. Versuch. Am 15. Juli d. J. wird von meinem Assistenten Herrn Dr. von Alkiewicz eine kleine schwarze Hündin in derselben Weise operirt, wie im vorigen Versuch. — Auch dieses Thier wird am 6. Tage nach der Operation getödtet und wir finden ganz denselben Befund wie beim vorigen, nur ist die Flüssigkeitsansammlung in diesem Fall etwas geringer. Die obere Wand des abgekapselten Abscesses wird von der unteren Fläche des rechten Leberlappens gebildet und ist derselbe an dieser Stelle entsprechend zerfallen

TAF. II.



III.b





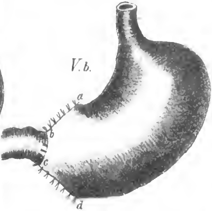
IV. b.



VI. a



V. b.



Zu Rydygier, Ueber
(Sammlung

Sammlung klinischer Vorträge

Innere Medicin.

Sammlung klinischer Vorträge.

Gynäkologie.

[illegible]

Einzeln ... in Buchform zu beziehen.

[illegible]

Ryke, W.

NEW SERIES No. 88 MARCH 1, 1925

3

UNIVERSITY OF IOWA STUDIES

STUDIES IN NATURAL HISTORY

VOLUME XI NUMBER 3

THE DEVELOPMENT OF THE RENAL PORTAL SYSTEM IN CHRYSEMYS MARGINATA BELLI (GRAY)

by

WILLIS DE RYKE

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY, IOWA CITY

Issued semi-monthly throughout the year. Entered at the post office at Iowa City, Iowa, as second class matter. Acceptance for mailing at special rates of postage provided for in section 1103, Act of October 3, 1917, authorized on July 3, 1918.

UNIVERSITY OF IOWA STUDIES IN NATURAL HISTORY

HENRY FREDERICK WICKHAM, Editor

VOLUME XI NUMBER 3

THE DEVELOPMENT OF THE RENAL PORTAL SYSTEM IN CHRYSEMYS MARGINATA BELLI (GRAY)

by

WILLIS DE RYKE, Ph.D.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY, IOWA CITY

THE DEVELOPMENT OF THE RENAL PORTAL SYSTEM IN CHRYSEMYS MARGINATA BELLI (GRAY)

I. INTRODUCTION

1. Purpose and Scope

During the progress of evolution among the vertebrates, for some unknown reason the renal portal system has been discarded. We find it present in a typical form in fishes, Amphibia, snakes, lizards and possibly some Chelonia. In birds it is considerably modified, if present at all, and is apparently entirely absent in mammals. Whatever may have been the advantage or disadvantage of the renal portal system, the change has been made and doubtless the transition lies somewhere in the Reptilia, probably the Chelonia. Its presence in a typical form in turtles has been doubted although many eminent workers in the fields of comparative anatomy and embryology have strongly suspected that the adult Chelonia, or at least some species of them, possess a true renal portal system.

The study of the veins associated with the kidneys of the turtle *Chrysemys marginata belli* (Gray) and their development was undertaken to ascertain the presence or absence of a renal portal system in the adult of this species, to trace its development if present and the development of certain veins closely related to the kidneys and which would probably be involved in the embryological formation of such a system. It was also desirable to compare to some extent the development in this form with that of certain other related forms.

The solution to the problem of presence or absence of the renal portal system in the adult lay in the study of the adult system of veins related to the kidney and a determination of the presence or absence of a capillary network within the adult kidney which permits the passage of blood on its way from the body capillaries to the heart.

The embryological study involved the development of the vertebral veins, posterior cardinals, renal advehens anterior, renal advehens posterior, subcardinals, extreme posterior region of the postcava and the venous network of the kidney.

I wish here to acknowledge my indebtedness and express my thanks to Dr. Frank A. Stromsten for his constant assistance, advice, and criticism and to Prof. Gilbert L. Houser for his many helpful suggestions and provision of adequate laboratory facilities to carry on this work.

2. Historical

A comparatively small amount of work has been done in tracing the detailed development of the venous system of the turtle. It is especially striking that such an important and interesting question as the presence or absence of a renal portal system and its development as found in Chelonia should have remained uninvestigated. The most noteworthy attempts by the early workers to trace the development of the venous system of Chelonia were those by Agassiz, ('57) and Rathke, ('48). Perhaps the reason for these early workers not having investigated this system is due to the scarcity of material or what is more probable, the lack of the modern methods of technique.

A much greater amount of work has been done on the development of the venous systems of Selachians, Amphibians, snakes and lizards. For these extensive contributions we are indebted to Goette, Hochstetter, Hoffmann and Rathke. The condition as found in cyclostomes has been described by Rathke, Retzius and Johannes Müller. The presence of a renal portal system in fishes was first discovered by Jacobsen, one of the pioneer investigators. He found various expressions of the renal portal system which he could classify into three forms as follows: (1) The veins of the skin and body region discharge into the kidney while the caudal vein does not branch into the kidney but discharges into the right cardinal vein. (2) Similar to the first except that the caudal vein branches in the kidney. (3) A modification of the former two in that the caudal vein or another vein unites with the portal vein of the liver. Hyrtl recorded the condition as found in bony fishes and especially that of *Lepidosiren paradoxa*.

The principal work on the development of the veins in Selachians has been done by Balfour, Hochstetter and Hoffmann. Hoffmann in his work "Zur Entwicklungsgeschichte des Venensystems bei den Selachiern" gives an account of the development of the venæ omphalo-mesentericæ, vena subintestinalis and venæ cardinales. He finds that the beginnings of the posterior cardinal veins are closely bound to the anlage of the mesonephros and in early stages

are comparatively free from anastomoses with each other but later freely anastomose. In an embryo of 20 mm. the posterior cardinals have already formed and begun to anastomose with the vena subintestinalis caudalis producing a renal portal system. Balfour records the vena subintestinalis as appearing ventral to the alimentary tract, being the first large venous trunk to form in Selachian embryos and terminating shortly before the end of the tail. It bifurcates at the cloaca, uniting again anteriorly. The anterior part then atrophies, the posterior part remaining and becoming the caudal vein. As soon as the cardinal veins appear the caudal vein unites with them. This is accomplished by the degeneration of the anterior portion of the anal ring and the union of the two posterior portions with the posterior cardinal veins on either side. The anastomosing branches between the caudal vein and the posterior cardinal veins pass through the mesonephros and eventually break up into a capillary network and a renal portal system is established. According to Hochstetter the development of the renal portal system in Selachians is as described by Balfour.

The development of the renal portal system in an Amphibian has been traced by Goette in *Bombinator igneus*. According to his description the posterior cardinal veins which open anteriorly into the duct of Cuvier unite posteriorly with the caudal vein. At this union the iliac veins join the system. In the meantime the mesonephros has developed in the region of the union. The cardinal veins fuse close to the mesonephros and the posterior portion forms a part of the postcava. The anterior part of the postcava develops independently. This is followed by the atrophy of the anterior region of the mesonephros and the posterior cardinals. The veins which first opened into the posterior cardinals now lose their connections and form the renal advehentes. The iliac veins become connected with a newly developed vein, the abdominal, and in this manner have connection with the postcava through Jacobsen's vein and with the anterior abdominal vein through the epigastric vein. In this manner a renal portal system is laid down.

Probably the most valuable work touching on the renal portal system of reptiles has been done by Bojanus, Jourdain, Nicolai, Hochstetter, Hoffmann, Rathke and Stromsten.

Jourdain ('59) in describing the renal portal system of the kidney of an adult Ophidian details its arrangement as follows. After picking up the important vessels, mesenteric vein and cloacal

veins as well as a vein from the tail, the renal portal vein proceeds, accompanied mediad by the ureter and laterad by the vas deferens or oviduct, in a circuitous manner over the kidney. In its course it picks up small veins from the ureter and vas deferens (oviduct), a vein parietalis anterior and a varying number of intercostal-spinalis veins. Each of these veins runs along the edge of the kidney accompanied by the ureter which is on the inside. Their branches are numerous and disappear for the most part in the notches between the small lobes branching out like dendrites between the canals of the kidney. The advehent veins of the kidney branch and become smaller and smaller until they finally lose themselves in the forward part of the kidney. From the anastomosis of the efferent veins, a system, the renal revehent arises which courses anteriorly from the kidney along with the one from the opposite side and unites with the postcava.

Rathke contributed to our knowledge of the venous system of *Tropidonotus natrix* ('39), the crocodile ('66) and the turtle ('48). His account of the development of the venous system of the natter contains a very good description of the posterior venous system development, a resumé of which follows. In the development of the natter the caudal vein is divided early and each branch unites with the posterior cardinal. The postcava is developed as a branch of the common stem of the right omphalo-mesenteric vein and the right vertebral vein lying in the caval mesentery and proceeding along the dorsal wall on the median side of the mesonephros. The mesonephroi then begin to separate from the body wall and degenerate from anterior to posterior. This results in the formation of the vertebral veins which are formed from the anastomoses between the segmental veins on both sides of the vertebral columns. These vertebral veins later atrophy in the posterior region and practically disappear leaving little or no trace. With the separation of the mesonephroi from the dorsal body wall they begin to degenerate, and the cardinal veins to atrophy anteriorly losing their connection with the jugulars.

The caudal vein with its two branches and the posterior cardinals with their tributaries comprise the advehent system. The vena cava and its two large branches comprise the revehent system.

Hochstetter ('93) studied the development of several species of lizards giving a splendid account of the development of *Lacerta agilis* and *Lacerta viridis*. According to his observations on the

development of *Lacerta agilis,* in a stage where the intestine is closed to a point where the liver is well developed, the posterior cardinals are already well developed, being clearly marked in the posterior region of the mesonephros but broken up into blood sinuses which lie between the mesonephric tubules in the anterior region. At some points the posterior cardinals appear to be ventral, at others lateral and in the posterior region clearly dorsal to the mesonephroi. These veins also receive blood from the segmental veins. With the increase in compactness of the mesonephroi the veins change their relations.

With the growth of the tail region the caudal vein becomes of importance. It enlarges and bifurcates dorsally and anteriorly to the blind end of the intestine, the two branches running along the median sides of the mesonephroi. These two veins anastomose with each other anterior to the omphalo-mesenteric artery and connect freely with the venous network of the mesonephroi.

With the formation of the postcava by the union of the omphalo-mesenteric veins with the unpaired portion of these veins the branches of the caudal vein lose their connections and unite with the posterior cardinals. A degeneration of the anterior end of the mesonephroi and the atrophy of the anterior portion of the posterior cardinals now make the rest of the posterior cardinals and the caudal vein and its branches the afferent veins of the mesonephroi.

The mesonephroi now begin to separate anteriorly from the dorsal body wall. This process continues posteriorly. The postcava bifurcates and runs between the mesonephric bodies receiving several branches. The postcava and its branches then comprise the revehent system of the mesonephroi.

While this is taking place the venous network of the anterior end of the mesonephros becomes disconnected from the duct of Cuvier and becomes connected to a row of segmental, anastomosing veins which have gradually developed as a result of the separation of the mesonephroi from the dorsal body wall. The chains of anastomosing vessels become larger as the mesonephroi degenerate and lie on either side of the vertebral column ventral to the rib anlagen. With the degeneration of the anterior portion of the mesonephroi the number of connecting veins decreases until only a few of them at the posterior end of the mesonephroi remain. The chains of veins form longitudinal anastomoses and also anastomose with each other.

The embryological development in the other forms, including *Lacerta viridis* on which Jourdain had worked, was found in general to parallel that of *Lacerta agilis*, the difference being in minute details of development.

The latest work of consequence on the development of the posterior portion of the venous system of a reptile is that of Stromsten ('05). He traced the development of the veins in the posterior region of the turtle *Kinosternon pennsylvanicum*. His studies included the development of the hepatic portal system and to a considerable extent the development of the umbilicals, abdominals and the larger veins involved in the development of the renal portal system.

According to Stromsten, the posterior cardinals and subcardinals are already formed in the youngest embryo studied, an embryo of 7.4 mm. crown rump measurement. The posterior cardinals extend from the caudal termination of the mesonephric ducts along the entire length of the mesonephroi. At the caudal termination of the mesonephric ducts the posterior cardinals receive a number of small branches from the tail region, the last dorsal intersegmental branch and a stout anastomosing branch from the subcardinal of the same side. The portion of the posterior cardinals between the cranial end of the mesonephros and the sinus venosus is broken up into two or three vessels.

In a 7.4 mm. embryo the subcardinals are formed and connect with the posterior cardinals by numerous anastomoses but do not connect with each other. With growth the two branches of the caudal vein unite with the subcardinal veins, establishing a renal portal system. With continued development, the forking caudal vein loses its connection with the subcardinals and unites with the posterior cardinals. The postcava develops and the course of the blood is reversed in the portal system of the mesonephroi.

The posterior vertebral veins are fused dorso-segmental branches of the posterior cardinals and lie dorsal to the rib anlage.

The anterior and posterior renal advehent veins of the kidneys represent the remains of the posterior cardinals.

3. Material and Methods

Adults

Ample material for the study of this problem was found in the region of Lake Okoboji located in the northwestern part of the State of Iowa. I was quite fortunate to find that a laying ground

for *Chrysemys marginata belli* (Gray) was conveniently adjacent to the grounds of the Lakeside Laboratory on Miller's Bay. The turtles swarmed up the sloping gravel bank usually between the hours of four to eight of an evening to lay their eggs, making a splendid opportunity for observations, recording the time of laying and marking the nests.

Before proceeding with the study of the embryonic changes involved in the developing venous system the adult venous systems of about twenty-five turtles were studied, special attention being given to the veins related to the kidneys. That the blood vessels might be in as expanded condition as possible and better injections assured the animals were killed with a concentrated solution of chloral hydrate.

The injection media used most successfully were a yellow starch paste mass and a colored gelatin mass. The yellow starch mass was prepared according to Guyer.[1] A carmine gelatin injection mass was prepared according to Walker's variation as given by Guyer,[2] and also a blue gelatin injection mass as given by Guyer.[3] The setting of the gelatin during the process of injection was prevented by adding a small amount of potassium iodide. The injection masses were forced into the vessels by means of a metal syringe or by the gravity method, both of which were quite adequate. Immediately after injection the specimens were plunged into a ten per cent formalin solution, thus coagulating the gelatin.

The necessity for determining the arrangement of the veins within the kidney is quite obvious. The small size of the veins entering or leaving the kidney makes it impossible to remove the kidney and inject. For this reason it was necessary to inject a large portion of the venous system at sufficiently high pressure to guarantee the filling of the vessels of the kidney.

Injections of yellow starch paste were made and dissection carried out as far as possible under the binocular microscope. This method however had its limits in that the relations of the smaller and more numerous vessels were lost through the necessary destruction of some of them during dissection.

In order to preserve these smaller vessels a less mechanical method was sought. The first attempts were by means of an injection of

[1]Guyer—Animal Micrology, p. 92.
[2]Guyer—Animal Micrology, p. 83.
[3]Guyer—Animal Micrology, p. 84.

ozokerite wax. The greatest difficulty encountered here was that a temperature sufficiently high to keep the wax in a liquid condition had to be maintained. The metal syringe, the wax, and the specimen had to be at this temperature to prevent the hardening before complete injection. This difficulty was overcome by placing the specimen and apparatus in water at the temperature of the melting point of the wax. With rapid operation the injection could be made but by no means was success achieved at all trials.

These injected specimens were then cooled and the kidneys with their projecting blood vessels removed from the turtle. Some of them were then placed in artificial gastric juice and kept in an incubator until the digestion of the tissue was complete. Another method used for eliminating the tissue was that of corrosion to be discussed presently. Wax casts resulted which were very good for study but the difficulty of their preservation and their delicacy made it desirable to have a method whereby permanency might be gained.

In seeking a permanent injection mass celloidin was tried and found to be a fairly successful method but somewhat expensive as many failures of injection were unavoidable.

The method finally adopted and the most successful one was that of injecting a colored liquid celluloid. This injection fluid is prepared as follows. Sheet celluloid secured from discarded automobile curtains is thoroughly washed and cut into small pieces. About twenty grams of this is dissolved in 100 cc. of acetone and allowed to stand for twenty-four hours. Fifteen grams of camphor is then dissolved in this solution. This is then used as a stock solution and must be kept air tight. Before using this liquid as an injection medium it is thinned by the addition of acetone carrying a coloring agent. The size of the vessels to be injected determines the viscosity of the injection medium to be employed. The liquid was thinned to almost a watery viscosity when it was desired to inject capillaries. A large number of coloring agents were tried, the most satisfactory of which were found to be crystal violet, brilliant green and alkanet, all soluble in acetone.

This injection fluid on coming in contact with water forms a hard cast and does not readily break. With an increase in the percentage of camphor it may be made to take on the nature of rubber. This medium then produced the desirable characteristics since it is not brittle and stands considerable rough handling.

The turtles were killed by chloral hydrate and the plastron carefully removed. Injection was then made through the left abdominal vein after tying off the right, through the postcava, or through the left aortic arch after tying off the right. Not only single injections were carried out but double and triple injections of the colors were resorted to in all possible combinations.

After injection the specimens were immediately placed in cold water where they remained for twelve hours. This permitted the casts to become hard. The kidneys were then carefully removed with their protruding injected vessels and placed in artificial gastric or pancreatic juice in a suitable warming oven, or more commonly and with equal success they were subjected to the action of concentrated muriatic acid for twelve to eighteen hours. It was then possible to wash out in water the corroded tissue. This was accomplished by admitting a gentle flow down a stirring rod from an open tap or by carefully using a pipette, both of which methods proved satisfactory. For the extremely fine structure this method was slightly altered. After a large portion of the kidney substance had been corroded and washed out the kidneys were permitted to remain in the water for days until disintegration had taken place and the tissue practically removed itself from the meshwork of minute blood vessels. This method produced very beautiful casts, accurate to the minutest detail and of such a permanent nature that they could be studied without damage to them.

In addition to the study of the casts, the finer vascular structure of the kidney was studied by means of serial sections. These serial sections were made of the kidneys of fifteen specimens which had been injected under high pressure with a carmine gelatin mass or an aqueous solution of Berlin blue. Also a specimen just hatched was serially sectioned in the region of the kidneys, stained in borax carmine and mounted for study.

Embryos

Two entire summers were given over chiefly to securing material for the embryological study. No difficulty was encountered in locating the nests or securing eggs. The laying season was found to extend from the middle of June to about the twenty-fifth of July. The laying usually takes place between the hours of four to eight in the afternoon, the number of eggs in a clutch varying from five to fifteen and averaging about eleven.

During the summer of 1923 ninety-six nests of the painted turtle

Chrysemys marginata belli were located and during the summer of 1924 about fifty nests of the same species were located. From these eggs I was able to secure about twelve hundred embryos.

The desire for embryos of as many gradations in size as possible led to two plans for securing them. The first was to stake and record the nest at the time of laying and remove the entire clutch when embryos of this particular age were desired. The second was to stake nests through fifteen successive days of laying and remove two or three eggs from each nest every fifteen days. However no exact method for securing a graded series is possible owing to the fact that different conditions such as kind of soil, depth eggs were laid, amount of sunshine and shade alter the incubation period. Not only is this true of each nest but it is true of each egg in the nest, so it is possible to find a single clutch having embryos at various stages of development. Three pairs of twins were found during this period and it was quite interesting to find in each case that one of the twins had outgrown the other and in one case the larger was at least twelve times the size of the smaller.

The small embryos adhere closely to the shell making their removal somewhat difficult. It was found much more expedient to locate the minute embryo with a hand lens and cut around it through the shell, placing the entire piece, shell and embryo, in the fixing fluid. The embryo could then be easily separated from the shell after reaching the alcohols. The larger embryos could of course be easily removed from the shell and fixed.

Fixation was made in Bouin's picro-formol fluid or in chrom-aceto-formalin mixture. The length of time of fixation ranged from one hour to four hours, depending upon the size of the embryos. Just before using, two volumes of this mixture are added to one volume of formalin.

BOUIN'S PICRO-FORMOL

Picric acid, saturated aqueous solution	75 parts
Formalin	25 parts
Acetic acid (glacial)	5 parts

CHROM-ACETO-FORMALIN MIXTURE

Chromic acid, 1 per cent solution	16 parts
Glacial acetic acid	1 part

These two fixing fluids were found to have a double advantage. They were excellent in fixing the tissues and in addition, the glacial acetic acid attacked and destroyed the greater part of the eggshell.

The embryos were then passed through the graded alcohols until seventy per cent was reached where they remained until they could be stained and sectioned.

The process of staining and sectioning was done at the State University of Iowa. A series of embryos was selected for sectioning. Each embryo was drawn by the camera lucida and the magnification recorded in order that reference might be obtained and measurements made. Some of the embryos were then stained *in toto* with borax carmine, passed through the graded alcohols, cleared in xylol, embedded in paraffin, sectioned and mounted. The majority of the embryos were passed through the graded alcohols, cleared in xylol, embedded in paraffin, sectioned, mounted, stained in Delafield's hemotoxylin and counterstained with Grubler's Orange G. acidulated slightly with acetic acid. In sectioning the embryos those from 1.2 mm. crown rump measurement to 16 mm. crown rump measurement were cut 20 microns. Those from 8 mm. to 12 mm. carapace length measurement were cut 20 microns. Those from 12 mm. to 14 mm. carapace length measurement were cut 25 microns and one with a 22 mm. carapace was cut 50 microns.

That the study of the sections might be supplemented by the study of injected embryos approximately one hundred embryos ranging in size from the earliest stages of development to the adult were injected with various fluids. The greatest difficulty encountered in this technique was to find an injection fluid whose viscosity was low enough to permit the complete injection of the finer vessels of the embryo and still not leave the vessels and penetrate the tissues. Certainly the most logical form of an injection fluid for this purpose would be some colloid solution or perhaps a cellnloid injection. The latter was tried numerous times and in many degrees of concentration, but the fluid invariably hardened before complete injection of the finer capillaries. Considerable time was spent in search of a suitable colloid solution. Among the large number tried it was found the best results could be obtained by using Higgin's Black India Ink, an aqueous solution of Berlin blue or alkanet.

After several mechanical devices for injection of the embryos had been tried, it was found that the simplest type was the most successful. This consisted of a small rubber tube with a mouth-piece inserted at one end and a glass canula at the other. In the construction of this apparatus there is bnt one difficult feature; the

construction of the canula. This is done by drawing out a small glass tube into a hairlike capillary three or four inches long. By placing this under a microscope the point at which the space ceases and the solid glass begins may be determined. With a pair of scissors the tube may be cut at this point leaving a very fine hairlike capillary tube.

In using this mechanism the canula is carefully inserted in the rubber tube and the end dipped into the injecting fluid. The operator then with the mouthpiece in his mouth draws the fluid into the canula. Then while looking through a binocular the canula may be inserted in the heart, the sinus marginalis, the jugular vein, the umbilical vessels or any other clearly discernible vessel. The operator then applies pressure to the fluid, forcing it into the vascular system of the embryo. The canula after once being used must be kept in water to prevent the closure of the tube.

From the injected embryos three series were selected duplicating as nearly as possible the series which had been sectioned. The members of the first series were serially cross sectioned and mounted. Those of the second series were cut into thick longitudinal sections and mounted. The smaller members of the third series were used in whole mounts. By this means it was then possible to obtain a check on the study of the stained cross sections.

II. ADULT RENAL PORTAL SYSTEM

The right and left abdominal veins issue from the liver substance and lie on either side of the ventral median line. They run ventrally for a short distance but soon make a sharp turn in a posterior direction, lie immediately ventral to the peritoneum and course toward the ventral median line. They receive as tributaries during this part of their course, a small gastric vein, a vein from the pectoral muscles and a small vein from the tensor-pleuro-peritoneal muscle. They gradually approach each other in their course diverging again at a point just anterior to the pubis. Slightly posterior and ventral to this they are placed in communication by a transverse vessel lying ventral to the pubis and receiving branches from the obturator externus and pubo-plastinalis. Continuing posteriorly and diverging they angle in a dorsal direction following the curve produced by the pelvic girdle and carapace until they join the external iliac vein of their respective sides. In the latter part of their course they receive tributaries from the obturator

internus muscle, a large branch which anastomoses with the margino-costal vein of the carapace, a vein from the pubo-plastinalis muscle, a branch from the vastus femoras rectus muscle and the femoral vein. The abdominals unite with the circumflex iliac veins of their respective sides to form the external iliac veins.

The ischiadic vein leaves the thigh, passes into the pelvis and unites with the common coccygeal vein to form the circumflex iliac vein.

The circumflex iliac vein courses dorsally, receives the epigastric vein and unites with the abdominal vein of its side to form the external iliac vein.

The external iliac vein makes a sharp turn and courses toward the median line. Reaching the external border of the kidney it passes to the ventral surface where it unites with the renal advehentes.

The posterior renal advehent vein is formed by the union of a number of small branches bringing blood from the muscles of the pelvis, the caudal region and cloaca with its closely related organs. This vein then passes dorsally and anteriorly within the pelvis. Leaving the pelvis and reaching the posterior edge of the kidney it passes over and in close contact with the ventral surface of the kidney where it gives off afferent branches to the kidney and eventually anastomoses with the anterior renal advehent vein at a point where these two unite with the external iliac vein.

The anterior renal advehent vein, as a branch of the vertebral vein arises between the fifth and sixth ribs, receives the fifth intercostal vein and immediately passes to the ventro-lateral surface of the anterior portion of the kidney. As it courses along the surface of the kidney it gives off afferent branches and unites posteriorly with the renal advehent vein at a point where both are joined by the iliac vein.

For convenience of discussion the portions of the anterior and posterior renal advehent veins lying adjacent to the surface of the kidneys will hereafter be spoken of as the renal portal vein.

The vertebral veins arise as a bifurcation of a single vein in the region of the first thoracic vertebra and run posteriorly on either side of the spinal column. In their course they lie dorsal to the ribs and receive the first four intercostal veins and veins from the spinal cord. Between the fifth and sixth ribs the vertebral vein gives off a large branch, the anterior renal advehent vein. Pos-

terior to this branch they diminish considerably in size, give off numerous small branches to the kidneys and continue posteriorly gradually becoming smaller in diameter and eventually ending by receiving a number of minute branches from the extreme caudal region.

The postcava is formed between the kidneys by the union of two short thick veins. These in turn result from an anastomosis of veins leaving the kidney, the latter veins usually numbering three from the left kidney and two from the right, but frequently the reverse is true. The veins returning blood from the ovaries or testes unite with these veins in the region of their entrance into the kidney substance. The postcava leads anteriorly coursing away from the median line toward the duodenal flexure and enters the right dorsal lobe of the liver. Posterior to the kidneys there is no postcava.

The kidneys are a pair of lozenge shaped organs lying in the posterior dorsal curvature of the carapace, one on each side of the spinal column. They present three lobulated surfaces, a curved dorsal surface, a mesial surface and a latero-ventral surface. The surfaces are united with each other by rounded edges of considerable curvature.

The venous tributaries to the postcava arise from the mesial ventral edge of each kidney. These tributaries branch rapidly into smaller veins which enter the kidney substance and embed themselves between the lobules.

Closely adhering to the latero-ventral surface is the renal portal vein joined about midway by the external iliac vein which is partially buried between the kidney lobules. On the side in contact with the kidney the renal portal vein branches profusely, the afferent vessels entering the kidney substance between the lobules.

In an effort to determine the true nature of the connections between the renal portal vein and the postcava a heavy yellow starch paste mass under a constant pressure was injected into the postcava of a large number of specimens. In no case was I able to get the injection mass to pass through the veins of the kidney and appear in the renal portal vein. In another group of specimens the injection was carried out in the opposite direction by injecting into the left abdominal vein after tying off the right and here again I was unable to get the injection mass to pass through the veins of the kidney and enter the postcava. My results from the yellow

starch paste injection agree with those obtained by Lewis ('16) and disagree with those obtained by Robinson ('18) both of whom investigated the condition in the adult of this form.

In other specimens injections of a gelatin mass were carried out in the same manner as that used with the starch paste. The gelatin was colored with carmine or Berlin blue. These fluids never failed to pass through the veins of the kidneys and appear in the opposite vessel.

The results of these injections indicated that the vessels of the kidney are too small to permit the passage of the starch but that vessels do connect the renal portal vein with the postcava and that they are of capillary size.

By means of the celluloid corrosion method celluloid casts were made of the vessels of the kidneys. Some of these were made from single injections while others were made from double injections. In these injections a thin colored celluloid solution was used. In the single injections the fluid was injected into either the renal portal through the abdominal and external iliac or into the postcava. In either case, after corrosion or digestion there remained a cast of the vein with all its branches ultimately breaking up into capillary vessels, quite clearly demonstrating that no connection between the postcava and renal portal vein existed other than of a capillary size. The double injections were made by injecting two colors of thin celluloid, one color through the postcava and the other through the abdominal and external iliac into the renal portal vein. These casts were then carefully examined and dissected beneath the binocular microscope and invariably I was unable to find a single connection larger than capillary size.

For microscopical examination of the internal vascular structure a number of kidneys were injected with carmine gelatin through the left abdominal vein and an aqueous solution of Berlin blue through the aorta. A study of the serial sections of these injected specimens revealed the fact that no connections larger than capillaries were present between the branches of the renal portal vein and those of the postcava but that a capillary network with its glomeruli connections existed in which the branches of the postcava and renal portal vein ended, thus making a capillary system the only passage for blood between these two large trunks.

III. EMBRYOLOGY

The development of the renal portal system has beeu followed through a series of serially sectioned embryos of *Chrysemys marginata belli* and this supplemented by a study of injected embryos of the same species. The youngest embryo of the sectioned series measures 1.2 mm. in length and the oldest has a carapace length of 22 mm. The measurements of the younger embryos are crown rump measurements while those of the older embryos are measurements of the length of the carapace. In the present work the measurements referred to will be crown rump measurements unless carapace measurement is specified.

The outlines as shown in Figs. 1 to 6, Plate I, are outlines of the embryos whose reconstructed blood vessels are used for explanation in this work. The following table indicates the outline drawing, the length of the embryo and the reconstructions of its venous system.

OUTLINE FIGURE	LENGTH IN MM.	RECONSTRUCTION FIGURES
1	7	Plate II
2	10	Plate III
3	13	Plate IV
4	8 (carapace)	Plate V
5	12 (carapace)	Plate VI
6	22 (carapace)	Plate VII

The posterior cardinal veins first appear in an embryo of 4 mm. length. At this early stage these vessels open into the duct of Cuvier, continue posteriorly and gradually diminish in diameter. In the anterior portion they lie lateral to the mesonephric duct but shortly swing to a dorso-lateral position. At this time there are also noticeable disconnected venous islands formed ventral and mesial to the mesonephric duct. These islands are to be connected in the future to form the subcardinal veins.

An embryo of 7 mm. length (Plate II) has the posterior cardinal veins well developed anteriorly but posteriorly the vessels gradually reduce their diameter and are entirely wanting as a continnous vein in the extreme posterior region of the mesonephroi. However, the evidence of their future development in this region is indicated by several blood sinuses of considerable size. The posterior limb bud has at this time made its appearance, its drainage being cared for by the external iliac vein (V. E. I. D. and S.) which empties its blood into the posterior cardinal.

The future vertebral veins are also foreshadowed at this early

period by the development along their future path of a number of small blood sinuses.

The subcardinal veins follow rather closely the development of the posterior cardinal veins. Through anastomoses of the blood sinuses of the preceding stage a pair of venous channels or veins has been established. These vessels lie on the median ventral surface and in close relation to the mesonephroi. They eventually unite with each other and with the posterior cardinal veins. Even at this early stage there has been formed a few prominent unions between the posterior cardinals and the subcardinals (Plate II, Pc.Sc.A.). Not only has a connection been established between the larger portions of the veins, but at least one has been formed between two of the small portions which are as yet little more than blood sinuses. These anastomoses do not at this time penetrate the mesonephric substance but lie close upon the surface of that organ.

Anteriorly the posterior cardinals are beginning to show dorsal branches which later pass dorsal to the rib anlagen and usually bifurcate at this point, later becoming connected with each other through intermediate blood sinuses.

An embryo of 10 mm. length shows conditions as represented in Plate III. With the growth of the mesonephroi the posterior cardinal veins have reached a stage of completeness. Their position is dorsal and slightly lateral to the mesonephroi. The dorsal segmental branches of the posterior cardinals are fairly well established. The blood sinuses in the path of the future vertebral veins have by this time increased considerably in size and become more numerous. The subcardinal veins have rapidly developed into a pair of definite blood vessels lying ventral along the mesial edge of the mesonephroi, the right subcardinal vein being continued somewhat more anteriorly than the left.

A complete union of the subcardinal vessels has occurred just posterior to the omphalo-mesenteric artery by three large connections. There has also developed a free anastomosis between the posterior cardinal and the subcardinal vein of its respective side. These connections are for the most part situated on the periphery of the mesonephros, either on the dorso-median surface or the latero-ventral surface but appear to be in closer relation to the mesonephric tubules than in the previous stage. However, many of them do find their way between the tubules of that body.

At this stage in the development we find the caudal vein defi-

nitely laid down. It bifurcates and each branch unites with the posterior portion of the subcardinal vein of its side. This arrangement establishes an embryonic renal portal system, the subclavian veins and caudal branches being the advehent veins while the posterior cardinal veins function as the revehent veins.

With the further development of the mesonephroi, changes take place rapidly. The mesonephroi present a condensed appearance in the posterior region while the anterior portion is apparently beginning to atrophy. The posterior cardinals take up a more lateral position to the mesonephroi and greatly increase in size. The anastomoses between the posterior cardinal veins and the subcardinal veins, and between the two subcardinal veins increase extensively.

When the stage in development as represented by an embryo of 13 mm. length (Plate IV) is reached, the majority of the anastomosing connections no longer lie near the surface but dip deep into the mesonephric body sending venous pockets between the tubules. One of the most important developing structures during this period is the postcaval vein. The posterior portion of this vein develops from the subcardinal veins, chiefly the right. The development as found in this species duplicates that as found by Stromsten ('05) in *Kinosternon pennsylvanicum*.

The formation of the postcava which opens a new channel for the blood to reach the heart is accompanied by an important change in the embryonic renal portal system previously established. This change is completed by the change in position of the two branches of the caudal vein. These branches were previously connected with the posterior ends of the subcardinal veins. Through a shifting of the anastomosing connections between the subcardinals, postcardinals and caudal branches, the connection between the caudal branches and the subcardinal veins is lost and there is a connection established between the caudal branches and the posterior cardinal veins. With this new arrangement the blood is routed differently, the posterior cardinals and the caudal branches becoming the advehent veins while the subcardinal veins and the postcava become the revehent veins.

The anterior portion of the vertebral vein has been completed at this age, being connected to the posterior cardinal vein by the dorsal segmental veins. The posterior region has not yet been formed but the process of development is under way as shown in Plate IV.

Following this stage in development there is a gradual approach toward the condition as found in the adult. The mesonephroi in the anterior region become more and more separated from the dorsal body wall. As development progresses they continue to degenerate in the anterior region while posteriorly they are large and compact.

This anterior degeneration of the mesonephroi is accompanied by the degeneration of the anterior region of the posterior cardinal veins and their dorsal segmental branches. A typical condition at this time is represented hy reconstruction figures of Plate V made from an embryo measuring 8 mm. carapace length. The posterior cardinal veins still show the connections anteriorly in the regions of the subclavian vein but instead of a single large connection there are several small ones producing a network between the anterior end of the posterior cardinal vein and the duct of Cuvier. The degeneration process is quite apparent.

The degeneration of the anterior dorsal segmental branches is almost complete at this time, severing entirely the anterior portion of the vertebral vein and the anterior portion of the degenerating posterior cardinal vein. Posteriorly, the dorsal segmental branches, which have in the meantime developed, still persist, uniting the vertebral veins to the posterior portions of the posterior cardinals.

The posterior cardinals in the region of the mesonephroi are large and lie laterally within the periphery of these organs sending into the substance of the mesonephroi numerous small hranches which anastomose freely with the remainder of the subcardinals or the posterior region of the postcava. This network at this stage is quite complex and represented in Plate V semidiagrammatically. Its character has been determined by a careful study of cross sections and longitudinal sections of injected embryos.

The mesonephros continues to become shorter and thicker due to the degeneration proceeding in the anterior portion. The splitting away from the dorsal body wall proceeds from anterior to posterior. At about this stage the metanephros appears as a dorsal outgrowth from the mesonephric duct, growing anteriorly and maintaining its position dorsally.

A general shortening of the renal portal system is in progress. The posterior cardinal veins lose their slight connection with the duct of Cuvier anteriorly and rapidly undergo degeneration in the anterior region (Plate VI). In the region of the largest por-

tion of the mesonephros and metanephros the posterior cardinal veins lie lateral to these organs and are quite large. Posteriorly these vessels diminish in size forming the posterior renal advehent veins. The postcava has increased in size and the subcardinal anastomosis has not entirely disappeared. The mesonephric plexus has become still more complex and consists of much smaller blood passages than those in the previous stage. The dorsal segmental branches anterior to the fifth rib have all degenerated. Those posterior to the seventh rib have likewise degenerated leaving but two, one between the fifth and sixth ribs and one between the sixth and seventh ribs. The anterior portion of the vertebral vein is now entirely free from the posterior cardinal vein and is considerably larger than that lying posterior to the sixth rib.

The mesonephroi continue to degenerate from anterior to posterior and the metanephroi continue to develop from posterior to anterior, the two becoming about the same size in an embryo of 22 mm. carapace length (Plate VII).

The vertebral veins are completely formed at this time and receive the intercostal veins. The connection between the vertebral veins and the posterior cardinal veins lying between the sixth and seventh ribs as described in the embryo of a twelve millimeter carapace has now disappeared, leaving one large prominent connection between the fifth and sixth ribs.

The posterior cardinal veins have completely degenerated anterior to the mesonephroi and metanephroi. That portion of the posterior cardinal vein lying along the mesonephros becomes embedded between the mesonephros and the metanephros, giving branches to each of them. This is brought about by the fact that the vein lies along the dorsal surface of the mesonephros. The metanephros developing dorsal to the mesonephros gradually assumes a position dorsal to the vein so that the vein lies between the two. In addition to this vein as a blood supply there has resulted at this stage during the process of degeneration of the mesonephros a second and smaller vein, a branch of the embedded vein, which lies posteriorly along the lateral surface of the degenerating mesonephros. This vein I have termed the lateral mesonephric vein. With further development this vein disappears with the mesonephros.

The venous plexus of the metanephroi during this later period of growth is constantly becoming one of finer vessels as is shown by both stained and injected embryos.

Except for the portions of the subcardinal veins which enter into the formation of the posterior portion of the postcaval vein and metanephric venous plexus they entirely disappear. The changes taking place in the further development are not of great consequence. The mesonephros continues to degenerate until it disappears and the metanephros continues to develop until it reaches full size. The renal portal vein maintains its position and appears in the adult on the ventral surface of this organ. The larger veins of the venous plexus of the metanephros continue to be broken up into finer vessels until a complete capillary network exists between the renal portal vein and the posterior terminal branches of the postcaval vein. Thus there is established a true renal portal system, the advehent veins of which are the vertebrals, iliacs, renal portals and posterior advehentes, while the revehent vein is the postcava and its posterior terminal branches.

IV. DISCUSSION

In the embryology of the renal portal system of *Chrysemys marginata belli* there occurs the usual three important periods in structural development. There is a constructive period during which various structures are developed, a period of degeneration equally as important in respect to the final result, and a period of rearrangement and development of the organs functioning in the adult. These periods are not distinctly marked off from each other but one gradually merges into the other as the necessity for the change arises.

Due to the polarity of the embryo the anterior region develops first and remains in advance of the posterior region. Likewise any degeneration occurring originates in the anterior region and proceeds posteriorly.

The early formation of the anterior portion of the posterior cardinal veins seems to be shrouded in considerable doubt. The difficulty of following them during the earliest period of development has led to various ideas as to their origin. The prevailing idea of their origin is that advanced by Hoffmann, that they arise as longitudinal anastomoses between the intersegmental arteries. In view of the fact that I wish to deal with their later development and its influence in the establishment of a renal portal system I shall pass by this early stage of the formation of the anterior portion of these veins.

The studies of the posterior cardinal veins in Elasmobranch

embryos by Hoffmann, Balfour and Hochstetter agree quite closely, in so far as my observations go, with this form of Chelonia. In the Selachians these veins are found in early embryos to be two short veins lying closely beside the mesonephric duct and gradually growing posteriorly until they reach the full length of the mesonephroi. It is in much the same manner that they behave in the turtle. However, here I may add that the term "growth posteriorly" would be a general term since in reality a series of blood sinuses unites to form the posterior cardinal veins, the progress of the unions being from anterior to posterior. In an embryo of 7 mm. length these vessels have not yet been laid down the full length of the mesonephroi, but this condition is attained in an embryo of 10 mm. length.

According to Hochstetter ('88) in Selachians the subintestinal vein plays a conspicuous part in the formation of the renal portal system. In Chelonia another group of vessels is concerned in serving the same purpose as the subintestinal vein in Selachians. The shifting of the caudal vein branches and the posterior cardinal veins establishes a renal portal system in the adult Selachian. While this shifting of the caudal vein branches does occur in the turtles *Chrysemys marginata belli* and *Kinosternon pennsylvanicum*, the same structures are not affected in the Selachians as in the Chelonia. This is due to the fact that in the higher type of vertebrate, a new vessel, the postcava, has arisen and functions in place of the anterior portions of the posterior cardinal veins which atrophy.

In *Chrysemys marginata belli* we find the Selachian stage of development of the renal portal system at its height when the mesonephroi, posterior cardinal veins, subcardinal veins and the caudal vein with its branches are functioning most efficiently. At this time the fact that a great change is imminent may be discerned by the presence of conspicuous vertebral blood sinuses and the initial formation of the dorsal segmental veins which appear to grow dorsally from the posterior cardinal veins.

For a comparison of the development of the veins of the renal portal system of this species of turtle with those of other Amniota we may turn our attention to the work of Rathke on snakes, Hoffmann and Hochstetter on lizards and Stromsten on turtles.

The posterior cardinal veins in *Chrysemys marginata* lying on the surface of the mesonephroi in early embryonic stages are apparently in sufficiently close relation to the mesonephric tissues

so that they can efficiently take care of these organs but with an increase in the volume of these bodies the veins must necessarily maintain their close association with the tubules. The surface of the growing mesonephros becomes somewhat rough due to the increase in number and size of the tubules. As a result, the posterior cardinal veins and subcardinal veins closely adhering to the surface become somewhat pocketed and these pockets extend inwardly between the mesonephric tubules. With continued growth of the mesonephroi the pockets increase in size and number and eventually those from the subcardinal unite with those from the posterior cardinal. The earliest unions of the pockets are formed on the dorsal and ventral surfaces of the mesonephroi so that a circulation is established between these two groups of veins. This arrangement is almost identical with that found by Lewis ('02) in the rabbit and probably corresponds with the intertubular vascular spaces of Minot. Later these connections penetrate the organs making a coarse network which with development is broken up into a finer network of capillaries (or sinusoids). The anterior portions of the posterior cardinals, in the region of their union with the duct of Cuvier, while originally large single vessels, break up later into several small venous connections (Plate V). This condition is due to the process of degeneration in this region.

The formation of the vertebral veins in *Chrysemys marginata* begins quite early. In fact there is indication of their formation as early as the 7 mm. stage. This is previous to the complete formation of either the posterior cardinal veins or the subcardinal veins and before a fusion exists between the subcardinals. There is already a chain of blood sinuses laid down in the position to be occupied by the vertebral vein. This early development of venous sinuses in turtles as anlagen for veins corresponds to the development of the posterior cardinals and subcardinals in birds as recorded by Miller ('03). In the early stages of the development of *Chrysemys marginata* the posterior cardinal veins, the subcardinal veins and the vertebral veins all show this primitive type of development. The vertebral vein originates as has been described, by the dorsal segmental branches passing dorsal to the anlagen of the ribs and through anastomoses with intervening blood sinuses. The formation of this vein is a progressive process beginning at the anterior end and proceeding posteriorly. This same method of origin, other than the inclusion of the blood sinuses, has been described by Stromsten ('05) in *Kinosternon pennsylvanicum* and by Kim-

ball ('23) for *Chrysemys marginata belli.* As has already been pointed out by Stromsten, the development of the vertebral veins in turtles differs from the development in the lizards, as recorded by Hochstetter, in that they develop dorsal to the rib anlagen in the former and ventral to them in the latter.

The subcardinals originally laid down as a series of anastomosing venous sinuses are well established in an embryo of 10 mm. length with a strong interanastomosis posterior to the omphalomesenteric artery (Plate III). These continue to develop and establish intimate connections between themselves and the posterior cardinal veins so that at the stage of 13 mm. length there exists a very extensive network of connections posterior to the omphalo-mesenteric artery, not only between the posterior cardinal veins and the subcardinal veins, but also between the two subcardinals. Since these connections are posterior to the omphalomesenteric artery there is no venous ring formed as described by Hochstetter in the development of *Lacerta agilis.* In regard to the dense network formed here, this agrees favorably with the lizards and with *Kinosternon pennsylvanicum.*

While the previous changes have been taking place, the branches of the caudal vein, through sinusoidal changes have had their connections with the subcardinal veins shifted to the postcardinal veins.

During these developmental stages the postcava has also begun to appear and has assumed a highly developed condition at the time the branches of the caudal vein shift from the subcardiual veins to the posterior cardinal veins. Among the animals possessing this vessel there is considerable variation in the method of its formation. This accounts for the various types of its expression in the adults. Goette in his work on *Bombinator igneus* describes the development of the posterior portion of the postcava as being formed by the union of the posterior cardinal veins which approach each other and fuse in this region. Balfour believes this to be incorrect since the Amniota as described by Rathke and others show uo such process. In the lizard, *Lacerta viridis*, as described by Hochstetter, the extreme posterior portion of the postcava is formed from the two branches of the caudal vein and exists in the adult as a bifurcated vessel posteriorly. In *Chrysemys marginata belli* I find the development of its posterior region to wholly corroborate that as given by Stromsten for *Kinosternon pennsylvanicum*, that is, in this region it is formed by the "right subcardinal craniad of the

origin of the omphalo-mesenteric artery and the fused subcardinals caudad of this point."

When the development has reached this stage the degenerative factor assumes prominence. Previous to the formation of the postcava, the vertebral vein and the shifting of the caudal veins, the blood was carried from the caudal region by the caudal vein and through its branches was poured into the subcardinal veins. It then passed through the venous plexus of the mesonephros into the posterior cardinal veins which carried it anteriorly and discharged it into the ducts of Cuvier.

Now a new condition arises. The functioning of the postcava allows the blood to make a short cut to the heart. As a result of this, the posterior cardinal veins lose their connections with the ducts of Cuvier and degenerate. As found in lizards by Hochstetter this condition is accompanied by the separation of the anterior region of the mesonephroi from the dorsal body wall and the progressive degeneration of the mesonephroi and dorsal segmental veins. The posterior progressive degeneration of the mesonephros is probably aided by the development of the metanephros which appears at about this time (Plate VI). A rapid growth of the limb buds and the consequent relative reduction of the caudal region causes an increase in the size of the iliac vein and a reduction in importance of the posterior vertebral veins. This results in an enlargement of the iliac veins and a reduction in the size of the vertebral veins posterior to the kidneys. This progressive degeneration continues until the only connection remaining between the vertebral vein and the posterior region of the posterior cardinal vein is that as previously described lying between the fifth and sixth ribs. The portion of the posterior cardinal vein which fails to atrophy is that lying along the latero-ventral surface of the kidney and dorsal to the degenerating mesonephros. The lateral mesonephric vein is still present. The vein connecting the undegenerated portion of the posterior cardinal vein with the vertebral vein becomes the anterior renal advehent vein.

With this arrangement the blood flow is reversed. The blood now passes from the vertebral vein, the iliac vein and the caudal veins into the renal portal vein and from here through the venous network of the mesonephros and kidney into the postcava.

Degeneration of the mesonephros continues simultaneously with the growth of the kidneys. With the degeneration of the remain-

ing portion of the mesonephros the lateral mesonephric vein disappears leaving the vein lying ventro-lateral to the kidney as the only persisting part of the posterior cardinal vein. The kidney now takes the place of the mesonephros.

As the foregoing changes take place the venous network of the kidney becomes broken into more minute vessels until only a fine network exists. This network of capillaries (or sinusoids) has been tested as previously stated, by injections, by casts and by serial sections and in every case I find definite capillary connections (or sinusoids) which may be traced between the renal portal vein and branches of the postcava but in no case have I found a connection larger than capillary size.

This arrangement then produces a renal portal system in this form, the blood entering the kidney through the renal portal vein, traversing the capillary plexus of the kidney and leaving by the postcava.

V. SUMMARY

Previous workers have found a true renal portal system present in adult forms of fishes, Amphibians, lizards and snakes, but absent in birds and mammals. Occasionally suggestions have been made of the possibility of the transitional stages being found in the Chelonian group.

Selachians

The early development of the renal portal system in ***Chrysemys marginata belli*** is fundamentally the same as the development of the renal portal system in the Selachians. The chief differences are that in Chelonia the postcava is substituted for the anterior portions of the posterior cardinal veins of the Selachians and the subcardinal veins in Chelonia are substituted for the subintestinal vein in Selachians.

The later development in Chelonia carries it far beyond the Selachian stage and agrees to a considerable extent with that as found in other reptiles and Amphibia, although several important differences in development appear.

Amphibia

In Amphibia as described by Goette the posterior portion of the postcava is formed from the fused portions of the posterior cardinal veins while in Chelonia it is formed from the subcardinal veins.

Lizards

In lizards, the records of the earliest stages of development of the posterior cardinal veins and the subcardinal veins describe them as continuous connected blood vessels. The earliest stages of these vessels as observed in *Chrysemys marginata belli* show them to be discontinuous vessels with no connections.

The formation of venous pockets by the posterior cardinal and subcardinal veins is not described for lizards. These venous pockets are quite definite and distinct in this form of Chelonia and enter into the formation of the venous network of the mesonephros and metanephros.

The vertebral veins of the lizards develop ventral to the rib anlagen by anastomosing dorso-segmental branches.

The posterior portion of the postcava in lizards develops through anastomosis with the omphalo-mesenteric ring. In Chelonia, since there is no complete omphalo-mesenteric ring present it develops from a portion of the right subcardinal vein and the anterior region of the fused subcardinal veins.

Snakes

In snakes the posterior portion of the postcava is developed as a bifurcated vessel while in Chelonia it is a single vessel in this region.

The posterior vertebral veins are prominent in the snake embryo and develop ventral to the rib anlagen. They finally disappear, leaving little or no trace in the adult while in Chelonia they remain as definite veins.

Chrysemys marginata belli (Gray)

1. The posterior portions of the posterior cardinal and subcardinal veins are formed by anastomosing blood sinuses.
2. The posterior cardinal and subcardinal veins become pocketed, these pockets lying between the mesonephric tubules.
3. The venous pockets unite to form venous connections between the posterior cardinal and subcardinal veins.
4. The subcardinal veins fuse posterior to the omphalo-mesenteric artery only.
5. The renal portal vein is the persisting portion of the posterior cardinal which lies between the mesonephros and metanephros.
6. The anterior renal advehent vein is the persisting dorso-segmental branch of the posterior cardinal which lies between the fifth and sixth ribs.

7. The vertebral vein develops from anastomosing branches of the dorso-segmental veins and intervening blood sinuses.

8. The connections formed by the union of the venous pockets of the posterior cardinal and subcardinal veins become broken up into a network of capillaries (or sinusoids) which persist and form an intra-renal network in the adult.

9. A true renal portal system is present in the adult form.

LITERATURE

Agassiz, Louis, 57. Contributions to the Natural History of the United States, Vol. II, Part III. Embryology of the Turtle; with thirty-four plates. Boston.

Balfour, F. M., 78. A Monograph on the Development of Elasmobranch Fishes.

81. A Treatise on Comparative Embryology, Vol. II.

Gegenbauer, Carl. Elements of Comparative Anatomy. Trans. F. Jeffrey Bell.

Goette, Alexander, 75. Die Entwicklungsgeschichte der Unke.

Hertwig, O., 06. Handbuch der Vergleichenden und Experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere, Vol. III.

Hochstetter, F., 88. Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Venensystems der Amphibien und Fische. Morph. Jahrb., B. XIII.

88. Ueber den Einfluss der Entwickelung der bleibenden Nieren auf die Lage des Urnierenabschnittes der hinteren Cardinalvenen. Anat. Anz., B. III.

93. Beitrage zur Entwicklungsgeschichte des Venensystems der Amnioten. II. Reptilien. Morph. Jahrb., B. XIX.

Hoffman, C. K., 84. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Reptilien. Zeitsch. f. Wiss. Zoologie, B. 40.

90. Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs, B. VI, Abth. III, Reptilien. Leipzig.

Hoffman, C. K., 93. Zur Entwicklungsgeschichte des Venensystems bei den Selachiern. Morph. Jahrb., B. XX.

Jourdain, S., 59. Sur le Systeme V. porte renale. Ann. des Sc. Nat., 4 Ser., T. XII.

Kimball, Pauline, 23. A Contribution to the Anatomy and the Development of the Arterial and Venous Systems in Turtles. The Anatomical Record, Vol. XXV.

Lewis, F. T., 02. The Development of the Vena Cava Inferior. American Journal of Anatomy, Vol. I.

04. The Question of Sinusoids. Anatomischer Anzeiger, Vol. XXV.

Miller, A. M., 03. The Development of the Postcava Vein in Birds. American Journal of Anatomy, Vol. II.

Minot, Charles S., 98. On the Veins of the Wolffian Bodies in the Pig. Proc. Bost. Soc. of Nat. Hist., Vol. XXVIII.

00. On a hitherto unrecognized form of blood circulation without capillaries in the organs of Vertebrata. Proc. Bost. Soc. of Nat. Hist., Vol. XXXIX.

Owen, Richard, 66. Anatomy of Vertebrates, Vol. I.

Rathke, H., 39. Entwicklungsgeschichte der Natter. Konigsberg.

48. Ueber die Entwicklung der Schildkröten. Braunschweig.

66. Untersuchungen uber die Entwicklung und den Körperbau der Krokodile.

Robinson Byron L., 18. Concerning the renal portal system in Chrysemys marginata. Anatomical Record, Vol. XIV.

Schreiner, K. E., Ueber die Entwicklung der Amniotenniere. Zeitsch. f. Wiss. Zool., Bd. 71.

Stromsten, F. A., '05. A Contribution to the Anatomy and Development of the Venous System of Chelonia. The American Journal of Anatomy, Vol. IV, No. 4.

PLATES

EXPLANATION OF PLATES

Plate I. Outline drawings of embryos whose reconstructed veins appear in plates II-VII.

Plate II. Frontal and right lateral reconstructions of the veins of an embryo 7 mm. long. (See Pl. I, Fig. I).

Plate III. Frontal and right lateral reconstructions of the veins of an embryo 10 mm. long. (See Pl. I, Fig. 2).

Plate IV. Frontal and right lateral reconstruction of the veins of an embryo 13 mm. long. (See Pl. I, Fig. 3).

Plate V. Frontal and right lateral reconstruction of the veins of an embryo 8 mm. carapace length. (See Pl. I, Fig. 4).

Plate VI. Frontal and right lateral reconstruction of the veins of an embryo 12 mm. carapace length. (See Pl. I, Fig. 5).

Plate VII. Frontal and right lateral reconstruction of the veins of an embryo 22 mm. carapace length. (See Pl. I, Fig. 6).

·········· Outline of mesonephros.

—·—·—·—Outline of metanephros.

Heavy horizontal lines indicate the level of the spinal ganglia.

Ao.	Aorta.
Bl.S.Pc.	Posterior cardinal blood sinuses.
Bl.S.Sc.	Subcardinal blood sinuses.
Bl.S.V.	Vertebral blood sinuses.
D.C.D.	Ductus Cuvier Dextra.
D.C.S.	Ductus Cuvier Sinistra.
D.Seg.Br.	Dorso-segmental branches.
L.A.	Longitudinal anastomosis.
M.P.	Mesonephric plexus.
Pc.Sc.A.	Posterior cardinal and subcardinal anastomosis.
Sc.Sc.A.	Subcardinal and subcardinal anastomosis.
V.Ac.D.	Vein anterior cardinal dextra.
V.Ac.S.	Vein anterior cardinal sinistra
V.C.	Postcava.
V.C.A.	Postcava anastomosis.
V.Ca.D.	Vein caudalis dextra.
V.Ca.S.	Veia caudalis sinistra.
V.D.Seg.	Vein dorso segmental.
V.Ext.J.	Vein external jugular.
V.I.E.D.	Vein iliac externa dextra.
V.I.E.S.	Vein iliac externa sinistra.
V.Int.J.	Vein internal jugular.
V.L.B.D.	Vein limb bud dextra.
V.L.B.S.	Vein limb bud sinistra.
V.Pc.D.	Vein posterior cardinal dextra.
V.Pc.S.	Vein posterior cardinal sinistra.
V.R.A.D.	Vein revehens anterior dextra.
V.R.A.S.	Vein revehens anterior sinistra.
V.R.P.D.	Vein renal portal dextra.
V.R.P.S.	Vein renal portal sinistra.
V.Sc.D.	Vein subcardinal dextra.
V.Sc.S.	Vein subcardinal sinistra.
V.Sbc.D.	Vein subclavian dextra.
V.V.D.	Vein vertebral dextra.
V.V.S.	Vein vertebral sinistra.

PLATE I



Fig 1



Fig 2



Fig 3

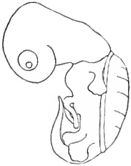


Fig 4

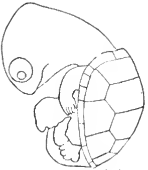


Fig 5

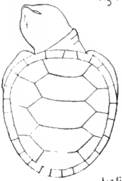


Fig 6

PLATE II

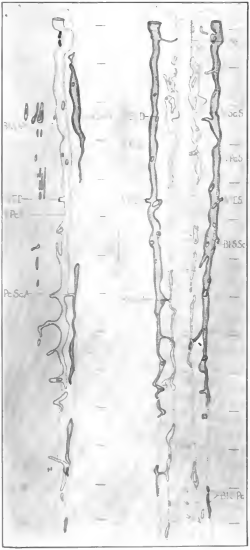


PLATE III

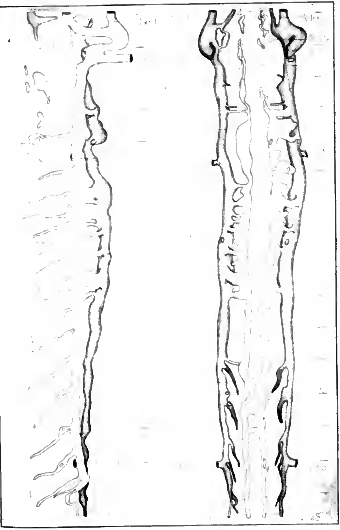


PLATE IV

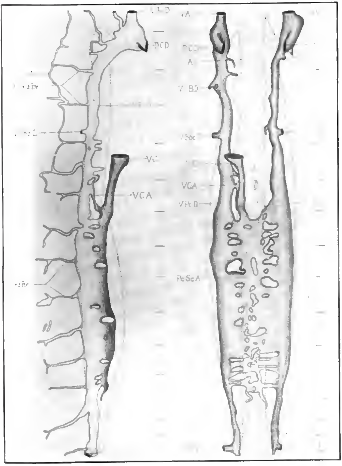


PLATE V

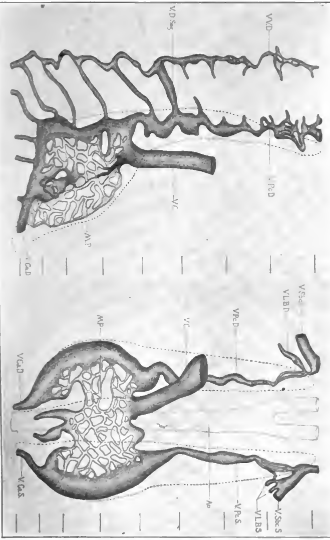

V.V.D
V.D.Seg
V.Pc.D
V.C
M.P
V.Ca.D
V.Sbc
V.L.B.D
V.Pc.D
V.C
M.P
V.Ca.D
V.Ca.S
Ao
V.Pc.S
V.L.B.S
V.Sbc.S

PLATE VI

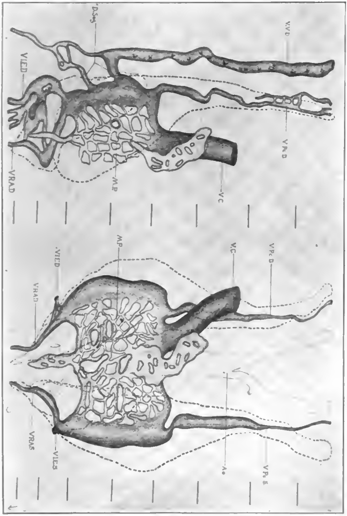
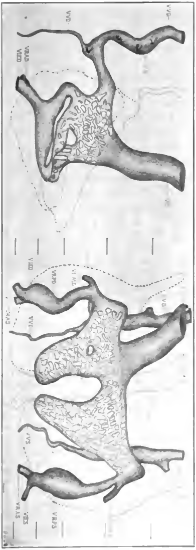


PLATE VII



Obtainable from the University
Editor: Price $0.

THE OXIDATION POTENTIALS OF CYSTINE-CYSTEINE AND RELATED SYSTEMS

4

BY

LIONEL R. RYKLAN AND CARL L. A. SCHMIDT

UNIVERSITY OF CALIFORNIA PUBLICATIONS IN PHYSIOLOGY
Volume 8, No. 17, pp. 257–276, 11 figures in text

UNIVERSITY OF CALIFORNIA PRESS
BERKELEY AND LOS ANGELES
1944

University of California Publications in Physiology
Editors: J. M. D. Olmsted, S. F. Cook, C. L. A. Schmidt

Volume 8, No. 17, pp. 257–276, 11 figures in text

Submitted by editors October 1, 1943
Issued April 4, 1944
Price, 35 cents

University of California Press
Berkeley and Los Angeles
California

Cambridge University Press
London, England

PRINTED IN THE UNITED STATES OF AMERICA

THE OXIDATION POTENTIALS OF CYSTINE-CYSTEINE AND RELATED SYSTEMS

BY

LIONEL R. RYKLAN AND CARL L. A. SCHMIDT

(Contribution* from the Division of Biochemistry, University of California Medical School, Berkeley)

INTRODUCTION

ALTHOUGH a considerable amount of experimental work has been done on the estimation of the oxidation potentials of cystine-cysteine and similar systems, the subject is still in a state of controversy. The wide discrepancy in the reported values may, in some instances, be ascribed to errors in experimentation, in others apparently to gratuitous assumptions and to errors in calculations. A brief review and appraisal of previous work is therefore necessary.

Dixon and Quastel (1)† investigated the subject by measuring the potentials of RSSR-RSH systems with the aid of platinum and gold electrodes. They arrived at the conclusion that the potentials of cysteine and glutathione do not depend on the presence of the oxidized forms; in other words, that the systems are irreversible in the thermodynamic sense. They proposed the following electrode equation:

$$\pi = \pi_0 + \frac{RT}{F}\log[H^+] - \frac{RT}{F}\log c \qquad (1)$$

where π is the observed potential, π_0 is the "normal reduction potential" and is a constant, and c is the concentration of RSH. This equation obviously does not describe the system $RSSR + 2H^+ + 2e \rightleftarrows 2RSH$. It suggests that a change in free energy occurs without a corresponding change in the state or properties of the system. The measured potential does not represent the normal oxidation potential as ordinarily defined.

Kendall and Nord (2) have presented experimental evidence to show that in the presence of small amounts of oxygen an active addition compound is formed with the SH compound whereby the system acquires the power to reduce indigo carmine. In the absence of this addition compound, indigo carmine is not reduced by cysteine and indigo is not oxidized by cystine. They consider that in the presence of the hypothetical addition compound the "reduction potential" is determined by the ratio of the concentration of the -SH compound to the -SS- compound or, in other words, that the system is a truly reversible one. These conclusions were severely criticized by Dixon and Tunnicliffe (3) both from the experimental and the theoretical standpoint. Since the electrode potential was not affected by the presence of cystine, they contended that the "reduction potential" is determined by the concentration of -SH compound only and not by the ratio of this to the -SS- compound. This view was supported by the experiments of Michaelis and Flexner (4), who found that the potential of a cysteine solution depends logarithmically on the concentration of cysteine and the $[H^+]$ and is independent of the cystine concentration. They were unable to account for this fact. It is evident that none of these investigators set up the correct conditions for a truly reversible couple.

* Aided by a grant from Eli Lilly and Company and the Research Board of the University.
† For references see page 276.

Ghosh and his co-workers (5, 6) claimed to have set up a reversible cystine-cysteine system by elimination of the oxygen or oxide film on the surface of their mercury electrode and by removal of oxygen from the solution. The normal oxidation potential was found to have a value of -0.079 volt. Essentially the same type of system was employed by Green (7) in attempting to determine why a mixture of cystine and electrolytically prepared cysteine apparently constituted a reversible couple, but, when the same mixture was prepared by solution of the crystalline substances, the potential depended on the concentration of reduced component only. His potentials for cysteine, glutathione, and glycylcysteine when determined potentiometrically did not agree with those determined colorimetrically. He was inclined to believe that the cysteine-mercury complex was a determining factor in the reversibility of the system (8). Using the polarograph, Brdička (9) determined that the "reduction" potential of a solution of 5×10^{-3} M cystine solution in N HCl is -0.37 volt and in N NaOH -1.15 volt with respect to the normal calomel electrode. The potentials obtained by the use of a dropping mercury cathode do not represent true oxidation-reduction potentials since Kolthoff and Barnum (10) have shown that cystine is irreversibly reduced at the mercury electrode.

The oxidation potentials of cysteine and of certain of its derivatives were studied with the aid of dyes by Fruton and Clarke (11). Their E_0' values (about -0.230 volt at pH 7) did not vary appreciably with the type of sulfhydryl- or disulfide-containing compound studied. This is hardly to be expected since, in general, physical chemical properties of compounds are influenced to some degree by their chemical structures. Fruton and Clarke concluded that they were dealing with truly reversible systems since the same potentials were obtained irrespective of the side from which equilibrium was approached. Doubt has been cast on this contention by Borsook and his co-workers (12) since stoichiometric reoxidation of reduced dye by cystine was not obtained.

Williams and Drissen (13) titrated cysteine electrometrically with iodine, potassium dichromate, and potassium iodate. Their E_0 values varied with the particular oxidizing agent used and the pH. They concluded that the titration curves were typical of the ordinary reversible oxidation-reduction systems. The inference was drawn that more than one oxidation product of cysteine was formed. Examination of their data indicates that errors were made in the calculations. This will be discussed in detail later. Another approach to the problem was made by Borsook and his co-workers (12) by application of thermal data in conjunction with the third law of thermodynamics. The normal oxidation potential for cystine-cysteine at 25° was calculated to be $+0.025$ volt. The method of calculation used by Borsook and his co-workers is sound. Their $\bar{E}$ value depends upon the accuracy of the heats of combustion, heats of reaction, and to a less degree on the heat-capacity measurements. The latter are influenced by the degree of purity of the compounds used. Thus Borsook and his co-workers point out that if the combustion values of Becker and Roth (14) are used in the calculation, the calculated $\bar{E}$ value is $+0.096$ volt. It is possible that the data of Becker and Roth are less accurate than those of Borsook and his co-workers. Even though the actual heat measurements may be of high precision, it cannot be too strongly emphasized that the determination of the heat of reaction may not be very accurate since it involves the difference between very large numbers in which a small percentage error leads to a large absolute error. In our

opinion the value obtained by Borsook and his co-workers does not account for the properties of cysteine as a reducing agent.

The most direct method of determining the potentials of oxidation-reduction systems is the electrometric measurement of mixtures of the two components, while the more convenient method and probably in some cases the only feasible one is afforded by potentiometric titration of the reduced component. It is necessary in the titration that the oxidation of the reduced component does not proceed beyond the stage of the second component of the system, and the oxidizing agent must therefore be chosen with this in mind. True equilibrium should be established quickly and readily and the measured potential should be constant and easily reproducible. The same $E^{\circ\prime}$ value should be obtained when mixtures of the two components are studied as are obtained by potentiometric titration of the reduced component. The experimental data should be in harmony with known facts concerning the chemical behavior of the individual components of the system. It is not always possible to meet these criteria easily. The oxidized component may be very insoluble. This can sometimes be overcome by a proper choice of pH. It may be difficult to dissolve one of the crystalline components, or at least the rate of solution may be very slow. False equilibria with constant potentials may becloud the true potentials. This may at times be overcome by employing a catalyst. The use of metallic catalysts is of doubtful value when sulfhydryl-disulfide systems are being studied, because of the ease with which these compounds form complexes with the heavy metallic ions. If a nonmetallic catalyst is used, it should not influence the potential of the system. Facts concerning the behavior of the components of the system toward other compounds are not always available and hence evaluation of data in this respect is not always possible.

In view of the uncertainty of the subject under discussion, it appeared desirable to reinvestigate the sulfhydryl-disulfide systems.

THEORETICAL

For the systems under consideration and under the conditions of the present experiments the following electrode reaction is postulated:

$$\mathrm{RSSR} + 2\mathrm{H}^+ + 2e \rightleftarrows 2\mathrm{RSH} \qquad (2)$$

When the components are in any given state

$$F = 2F_{\mathrm{RSH}} - F_{\mathrm{RSSR}} - 2F_{\mathrm{H}^+} \qquad (3)$$

When they are in the standard state

$$F^\circ = 2F^\circ_{\mathrm{RSH}} - F^\circ_{\mathrm{RSSR}} - 2F^\circ_{\mathrm{H}^+} \qquad (4)$$

Denoting the activities of the components in the nonstandard state by a_{RSH}, a_{RSSR}, and a_{H^+}

$$2(F_{\mathrm{RSH}} - F^\circ_{\mathrm{RSH}}) = RT \ln a^2_{\mathrm{RSH}} \qquad (5)$$

$$F_{\mathrm{RSSR}} - F^\circ_{\mathrm{RSSR}} = RT \ln a_{\mathrm{RSSR}} \qquad (6)$$

$$2(F_{\mathrm{H}^+} - F^\circ_{\mathrm{H}^+}) = RT \ln a^2_{\mathrm{H}^+} \qquad (7)$$

Combining equations (3), (4), (5), (6), and (7)

$$\Delta F - \Delta F^{\circ} = RT \ln \frac{a^2_{RSH}}{a_{RSSR}\, a^2_{H^+}} \tag{8}$$

Since

$$\Delta F = -nFE \tag{9}$$

(where n = electron change, E = E.M.F., and F is the Faraday constant)

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{a^2_{RSH}}{a_{RSSR}\, a^2_{H^+}} \tag{10}$$

E°, the normal oxidation potential, is defined as the potential of a system in which all components are at unit activity. Although equation (10) is a strictly thermodynamic one, its usefulness in the form given is limited.

In order to measure the potential of an oxidation-reduction couple, a reference electrode is usually employed. The term E_R is used to designate the potential of the reference electrode (calomel half cell). By its use a liquid junction potential, E_L, is thus introduced. Under these conditions equation (10) takes the form

$$E(\text{obs.}) = E^{\circ} + E_L - E_R - \frac{RT}{2F} \ln \frac{a^2_{RSH}}{a_{RSSR}\, a^2_{H^+}} \tag{11}$$

Equation (11) is not a strictly thermodynamic one since the liquid junction potential, E_L, and the potential of the reference electrode, E_R, cannot be computed without extrathermodynamic assumptions. Furthermore, the activities of the individual ions are, in most instances, not known. By using a saturated KCl bridge the value of E_L usually becomes negligibly small. On the assumption that concentrations are equal to activities, equation (11) becomes

$$E(\text{obs.}) + E_R = Eh = E^{\circ\prime} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[RSH]^2}{[RSSR][H^+]^2} \tag{12}$$

The apparent oxidation-reduction potential, $E^{\circ\prime}$, at any given temperature, has a constant value. At infinite dilution, $E^{\circ\prime} = E^{\circ}$.

In many cases the oxidant RSSR and the reductant RSH are either weak acids, weak bases, or ampholytes. The components of the system may exist either as anions, cations, or undissociated molecules (or as zwitterions), depending upon the pH of the solution. Since it is often impracticable to determine the concentration of the individual ions or undissociated molecules, equation (12) may be translated into a form in which the terms are easily determined. The total concentration of the oxidant will be designated by $[S_O]$ and that of the reductant by $[S_R]$.

In the simple case where the oxidant, Ox., is undissociated and the reductant is a weak monobasic acid, HRed., the electrode reaction may be represented by

$$\text{Ox.} + 2H^+ + 2e \rightleftarrows 2\text{HRed.} \tag{13}$$

The reductant ionizes according to

$$\text{HRed.} \rightleftarrows H^+ + \text{Red.}^- \tag{14}$$

The corresponding ionization constant is given by

$$K^R = \frac{[H^+][Red.^-]}{[HRed.]} \tag{15}$$

In accordance with equation (12), Eh is given by

$$Eh = E^{o\prime} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[HRed.]^2}{[Ox.][H^+]^2} \tag{16}$$

The oxidant, Ox., exists in one state while the reductant may be present in two states, HRed. and Red.$^-$. The stoichiometric concentration, $[S_R]$, will be

$$[S_R] = [HRed.] + [Red.^-] \tag{17}$$

The value of [HRed.] in equation (16) may be obtained with the aid of equations (15) and (17).

$$[HRed.] = \frac{[S_R][H^+]}{K^R + [H^+]} \tag{18}$$

Substituting in equation (16),

$$Eh = E^{o\prime} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[S_R]^2}{[S_O]} + \frac{RT}{2F} \ln ([H^+]^2 + 2K^R[H^+] + (K^R)^2) \tag{19}$$

If the oxidant is a weak dibasic acid, $H_2Ox.$, and the reductant is a weak dibasic acid, $H_2Red.$, the electrode reaction may be given by

$$H_2Ox. + 2H^+ + 2e \rightleftarrows 2H_2Red. \tag{20}$$

The reductant ionizes according to

$$H_2Red. \rightleftarrows H^+ + HRed.^- \tag{21}$$

and

$$HRed.^- \rightleftarrows H^+ + Red.^= \tag{22}$$

giving the ionization constants

$$K_1^R = \frac{[H^+][HRed.^-]}{[H_2Red.]} \tag{23}$$

and

$$K_2^R = \frac{[H^+][Red.^=]}{[HRed.^-]} \tag{24}$$

Using equation (12)

$$Eh = E^{o\prime} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[H_2Red.]^2}{[H_2Ox.][H^+]^2} \tag{25}$$

The stoichiometric concentration, $[S_R]$, is given by

$$[S_R] = [H_2\,\text{Red.}] + [H\,\text{Red.}^-] + [\text{Red.}^=] \tag{26}$$

Solving for $[H_2\,\text{Red.}]$ in the manner discussed previously,

$$[H_2\,\text{Red.}] = \frac{[S_R]\,[H^+]^2}{[H^+]^2 + K_1^R[H^+] + K_1^R K_2^R} \tag{27}$$

Denoting the ionization constants of the oxidant, $H_2Ox.$, by $K_1^{Ox.}$ and $K_2^{Ox.}$,

$$[H_2\,\text{Ox.}] = \frac{[S_O]\,[H^+]^2}{[H^+]^2 + K_1^{Ox.}\,[H^+] + K_1^{Ox.}\,K_2^{Ox.}} \tag{28}$$

Substituting the values of $[H_2\text{Red.}]$ and $[H_2\text{Ox.}]$ in equation (25),

$$\text{Eh} = E^{\circ\prime} - \frac{RT}{2F}\ln\frac{[S_R]^2}{[S_O]} + \frac{RT}{2F}\ln\frac{([H^+]^2 + K_1^R\,[H^+] + K_1^R\,K_2^R)^2}{[H^+]^2 + K_1^{Ox.}\,[H^+] + K_1^{Ox.}\,K_2^{Ox.}} \tag{29}$$

Similar equations may be developed for zwitterionic compounds. For example, when the reductant is an amino acid containing 2 acid and 1 basic groups and the oxidant is an amino acid containing 2 acid and 2 basic groups, the following equation is obtained:

$$\text{Eh} = E^{\circ\prime} - \frac{RT}{2F}\ln\frac{[S_R]^2}{[S_{Ox.}]} - \frac{RT}{2F}\ln\frac{(K_1^R)^2}{K_1^{Ox.}\,K_2^{Ox.}} + \frac{RT}{2F}\ln$$

$$\frac{([H^+]^3 + K_1^R[H^+]^2 + K_1^R K_2^R[H^+] + K_1^R K_2^R K_3^R)^2}{[H^+]^4 + K_1^{Ox.}[H^+]^3 + K_1^{Ox.}K_2^{Ox.}[H^+]^2 + K_1^{Ox.}K_2^{Ox.}K_3^{Ox.}[H^+] + K_1^{Ox.}K_2^{Ox.}K_3^{Ox.}K_4^{Ox.}} \tag{30}$$

The ionization constants in equation (30) are written according to Brönsted's definition of acids and bases. Electrode equations for other cases may be developed in an analogous manner.

Equation (19) describes the behavior of such systems as dithiodiethylene glycol ⇄ monothioethylene glycol, dithiodiphenol ⇄ thiophenol, and dithiodicresol ⇄ thiocresol. The K^R values of these compounds are very small (about 10^{-10}) and hence in the range of pH 1–8 equation (19) may be written as

$$\text{Eh} = E^{\circ\prime} + \frac{RT}{F}\ln\frac{[RSSR]^{1/2}}{[RSH]} - \frac{RT}{F}\,2.3\,\text{pH} \tag{31}$$

Equation (29) applies to systems such as dithiodiglycollic acid ⇄ thioglycollic acid. Since the value of K_1^R is in the neighborhood of 10^{-4} and both the ionization constants of the oxidant, $K_1^{Ox.}$ and $K_2^{Ox.}$, are about the same order of magnitude, in the regions of pH 1–4 and 6–9 equation (29) reduces to equation (31) without leading to any appreciable error. In the region of pH 4–6 equation (29) may or may not be translated into equation (31), depending on the exact value of the constants.

* This is based on the electrode reaction

$$Ox.^{\pm\pm} + 2H^+ + 2e \rightleftarrows 2HRed.^{\pm}$$

Equation (30) may be used for such systems as cystine ⇄ cysteine. In the region of pH 2–9, the term $\frac{RT}{2F} \ln \frac{(K_1{}^R)^2}{K_1{}^{Ox} \cdot K_2{}^{Ox}}$ and the ionization term nearly cancel out, leaving the expression $\frac{RT}{2F} \ln [H^+]^2$, so that equation (31) may be used in place of equation (30) without appreciable error. In view of the foregoing, the approximate equation (31) has been used for all of the systems under consideration. This has the further advantage that in most cases the dissociation constants of the oxidized component of the system are not known.

CALCULATIONS

When measurements are made on an RSSR ⇄ RSH couple at 25° and a normal calomel electrode serves as a reference electrode, equation (31) may, for practical purposes, be written as follows:

$$E^{\circ\prime}_{(RSSR\text{-}RSH)Pt} = E(\text{obs.}) + 0.283 - 0.059 \log \frac{[RSSR]^{1/2}}{[RSH]} + 0.059\,pH \qquad (32)$$

In order to facilitate the calculations of the $E^{\circ\prime}$ values obtained from the potentiometric titration data, equation (32) may be modified as follows. Let x denote the percentage oxidation and m denote the concentration of the sulfhydryl compound that is being titrated. Then at any stage of the titration the molality of the RSH compound is equal to $\frac{(100 - x)m}{100}$ while the molality of the RSSR compound is equal to $\frac{x}{100} \frac{m}{2}$. Substituting and solving for $E^{\circ\prime}$,

$$E^{\circ\prime}_{(RSSR\text{-}RSH)Pt} = E(\text{obs.}) + 0.283 + 0.059\,pH - 0.059 \log \frac{x^{1/2}}{100 - x} - 0.059$$
$$- 0.059 \log \frac{(m/2)^{1/2}}{m} \qquad (33)$$

Since at a given *initial concentration* of the reductant the last term in this equation is constant, we can let $-0.059 - 0.059 \log \frac{(m/2)^{1/2}}{m} = k$. Then

$$E^{\circ\prime}_{(RSSR\text{-}RSH)Pt} = E(\text{obs.}) + 0.283 + 0.059\,pH - 0.059 \log \frac{x^{1/2}}{100 - x} + k \qquad (34)$$

Williams and Drissen (13) and later Fisher (15) made use of equation (32) and not equation (33) to calculate the $E^{\circ\prime}$ values from their potentiometric data. In doing so they neglected to take into consideration the term $\left[-0.059 - 0.059 \log \frac{(m/2)^{1/2}}{m}\right]$.* The net result is that their values are in error by a value which we have denoted by the symbol k.

For purposes of calculation, the observed E.M.F. values were plotted against ml.

* This term may be simplified to $[-0.059 + 0.0295 \log 2m]$.

of the oxidizing solution. The end points of the titrations were determined by plotting ΔE vs. Δml. They were also checked volumetrically. The percentages of RSSR and RSH were calculated and plotted against the observed E.M.F. values. From this curve the E.M.F. value corresponding to any percentage of oxidation, x, was obtained. Inserting this E.M.F. value, the corresponding value for x, the pH of the solution, and the original concentration of the sulfhydryl compound into equation (33), the $E^{\circ\prime}$ value was obtained.

In order to evaluate $E^{\circ\prime}$ from the electrometric measurements of mixtures of oxidant and reductant, the molal concentrations of the two components, the observed E.M.F. value, and the pH were inserted in equation (32) and the necessary calculations were carried out. It was assumed that the value of the liquid junction potential was negligible; however, it is realized that this assumption may not be necessarily valid, especially when measurements are carried out in strongly acid solutions. The method of calculation is illustrated in table 3, which contains data pertaining to potential measurements of cystine-cysteine mixtures.

EXPERIMENTAL

The potentiometric titration method was employed, and applied to all the systems studied. In the case of cystine-cysteine it was also possible to measure the potential of mixtures of the two components. The oxidizing agent consisted of a solution of iodine or potassium permanganate. The titration vessel and accessories were modified forms of those described by Kolthoff and Furman (16). Nitrogen gas, freed from oxygen by passing it through alkaline pyrogallol solution and through a heated glass tube containing copper filings, was bubbled through the solution in the electrode vessel for 45 minutes before the titration and during the titration process. A polished platinum wire immersed in the solution under investigation formed one electrode. The cell was completed by the use of a normal calomel electrode, contact between the two halves of the cell being made by means of a saturated KCl bridge. A value of 0.283 volt was assigned to the calomel electrode. The cells were kept in an air thermostat at 25°. The E.M.F. was measured by means of a Leeds and Northrup Type K potentiometer with a wall type galvanometer. The measurements could be made to ± 0.05 mv.

All of the materials were purified by recrystallization or, in the case of the liquids, by fractional distillation. They were tested for the possible presence of impurities. Diphenylthiocarbazone was used for the detection of the presence of heavy metals. Stock solutions were prepared by dissolving the "thiol" compounds in distilled water and, in two instances, in 95 per cent alcohol. For the potential measurements, unless otherwise stated, 10 ml. of a 0.05 M buffer solution (KCl-HCl, acid phthalate -HCl or NaOH, Na_2HPO_4-NaH_2PO_4 (17), the pH of which was determined both by the glass and quinhydrone electrodes) were introduced into the electrode vessel and 10 ml. of the thiol stock solution were added. An interval of 5 minutes was permitted to elapse after each addition of the oxidizing agent in order to obtain constant E.M.F. readings. Several platinum electrodes were used interchangeably. The behavior of the electrodes was tested on standard buffer solutions containing quinhydrone. Great care was taken in cleaning the surface of the platinum to remove impurities and particularly oxide films. In spite of this it was often necessary to repeat titrations in order to obtain reproducible results.

Cysteine.—The commercial samples obtained from Eimer and Amend were recrystallized according to the method of Toennies and Lavine (18) and further purified by washing with acetone as described by Warburg (19). In order to obtain the titration curve corresponding to pH 0, a 0.015 N solution of iodine, using a mixture of equal parts of 2 N KI and 2 N HCl as the solvent, was used as oxidizing agent. In this titration, cysteine was likewise dissolved in the KI-HCl mixture. It was assumed that the pH of both the titrating solution and the cysteine-containing solution was zero, since the mean activity coefficient of HCl in a 2 molal ionic solution is nearly equal to unity. A 0.025 M solution of iodine in 0.5 per cent KI as the solvent was employed as oxidizing agent for the titration of cysteine at higher pH values. According to Lavine (20), cysteine is oxidized only to cystine by iodine in a N/1 solution of hydriodic acid at room temperatures. Lucas and King (21) state that temperature exerts a marked effect on the amount of iodine reduced by cysteine in solution. Certain other compounds are less affected by temperature. At the end point of the titration there was a decided increase in E.M.F., as would be expected. The end points were sharper with increasing pH values.

Certain of the titration data are given in tables 1 and 2. The $E^{0\prime}$ values given in these tables were calculated with the aid of equation (32). It is to be stressed that concentration of the components and not percentage of oxidation must be inserted in this equation. The cysteine titration curves at various pH values are represented graphically in figure 1. The concentration of cysteine employed in these oxidimetric titrations was 0.0125 M. The average value for $E^{0\prime}$ is 0.27 volt. The corresponding potential reported by Williams and Drissen (13) is 0.415 volt. When their data are used to calculate $E^{0\prime}$ by means of equation (33) a value of 0.302 volt is obtained. The initial concentration of cysteine was estimated to be 0.008 M. While the magnitude of the two values is approximately of the same order, less weight should be given to Williams and Drissen's (13) value since, for one thing, their value is based only on one point on their titration curve (so-called 90.5 per cent oxidation).

When the concentration of cysteine was varied between 0.0281 and 0.0125 M, the value of $E^{0\prime}$ was found, within the limits of experimental accuracy, to be independent of the original concentration of cysteine. At any given stage of oxidation the potential of the system varied 59–60 mv. per pH unit. Addition of a little cysteine at some point of the titration decreased the potential, while the addition of cystine definitely increased the potential—though the effect of the cystine was not as pronounced as that of cysteine. A somewhat larger current than was necessary to balance the external E.M.F. was passed through the solution contained in the electrode vessel without affecting the final potential. As a further test of the equilibrium of the system, a little cysteic acid solution was added to the electrode vessel at the midpoint of the titration. A large increase in potential was noted. This finding excludes the possibility that cysteic acid was formed during the titration, as no such increase in potential was noted. A considerable increase in E.M.F. occurred at the end of the titration.

Furthermore, in order to rule out any possibility that the potentials were due to some equilibrium other than that of cystine-cysteine, attempts were made to measure the potentials of mixtures of these two amino acids. It was not found possible to establish true equilibrium at the platinum electrode when these two components only were present in aqueous solutions. The measured potentials were dependent on

TABLE 1

TITRATION OF CYSTEINE WITH IODINE IN N HI SOLUTIONS

Oxidation	Concentration of RSH	Concentration of RSSR	E.M.F.[a] Exp. 1	E.M.F.[a] Exp. 2	E.M.F.[a] Exp. 3	$0.059 \log \frac{[RSSR]^{1/2}}{[RSH]}$	$E^{o\prime}$ Exp. 1	$E^{o\prime}$ Exp. 2	$E^{o\prime}$ Exp. 3
Per cent	*Moles per liter × 10³*	*Moles per liter × 10³*	*Volt*	*Volt*	*Volt*		*Volt*	*Volt*	*Volt*
37.74	8.218	2.491	0.0380	0.0410	0.0410	0.04623	0.275	0.278	0.278
41.51	7.721	2.739	.0410	.0440	.0440	.04905	.275	.278	.278
45.29	7.222	2.988	.0440	.0470	.0470	.05187	.275	.278	.278
49.06	6.724	3.238	.0460	.0490	.0495	.05473	.274	.277	.277
52.83	6.063	3.486	.0485	.0520	.0520	.05833	.273	.277	.277
56.61	5.727	3.786	.0510	.0550	.0548	.06179	.272	.276	.276
60.38	5.227	3.985	.0535	.0570	.0570	.06384	.272	.276	.276
64.15	4.732	4.234	.0560	.0590	.0597	.06714	.272	.275	.276
67.94	4.231	4.483	.0588	.0620	.0622	.07074	.271	.274	.274
71.72	3.734	4.733	.0625	.0650	.0660	.07464	.270	.273	.274
75.48	3.237	4.980	.0670	.0690	.0700	.07896	.271	.273	.274
79.25	2.740	5.230	.0709	.0738	.0742	.08390	.270	.273	.273
83.03	2.240	5.479	.0759	.0780	.0782	.08964	.269	.271	.271
86.80	1.740	5.728	.0876	.0825	.0824	.09665	.268	.268	.268
90.57	1.240	5.977	0.0890	0.0885	0.0880	0.10590	0.266	0.266	0.265
							Average: 0.273		

[a] E.M.F. vs. N calomel electrode.

TABLE 2

TITRATION OF CYSTEINE WITH IODINE IN N HI SOLUTIONS

Oxidation	Concentration of RSH	Concentration of RSSR	E.M.F.[a] Exp. 1	E.M.F.[a] Exp. 2	$0.059 \log \frac{[RSSR]^{1/2}}{[RSH]}$	$E^{o\prime}$ Exp. 1	$E^{o\prime}$ Exp. 2
Per cent	*Moles per liter × 10²*	*Moles per liter × 10²*	*Volt*	*Volt*		*Volt*	*Volt*
10	2.529	0.1405	0.0005	0.0002	0.01008	0.273	0.273
15	2.388	0.2108	.006	.007	.01675	.273	.274
20	2.238	0.2813	.013	.012	.02210	.274	.273
25	2.107	0.3513	.019	.018	.02650	.275	.274
30	1.967	0.4215	.021	.021	.03060	.273	.273
35	1.826	0.4918	.026	.024	.03448	.275	.273
45	1.546	0.6323	.034	.033	.04197	.275	.274
55	1.265	0.7729	.039	.039	.04968	.272	.272
60	1.124	0.8431	.045	.045	.05381	.274	.274
65	0.983	0.9133	.048	.047	.05828	.273	.272
70	0 843	0.9835	.055	.056	.06317	.275	.276
75	0.702	1.0540	.062	.061	.06874	.274	.273
80	0.562	1.1240	.064	.065	.07528	.268	.269
85	0.421	1.1940	.073	.075	.08343	.273	.275
90	0 282	1.2650	0.085	0.086	0.09448	0.274	0 276
						Average: 0.274	

[a] E.M.F. vs. N calomel electrode.

the concentration of cysteine, but, although an increase in potential was noted on addition of cystine to the cysteine solution, this increase was not proportional to the concentration of cystine, as would be expected if true equilibrium had been established. It was quite possible that under these conditions some type of compound is formed between cystine and platinum on the surface of the electrode the concentration of which is not influenced directly by the concentration of cystine in the solution in which the electrode is immersed. It appeared therefore desirable to add,

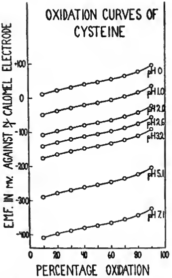


Fig. 1. Concentration of stock solution of cysteine, 0.0250 M. Initial concentration of cysteine in buffer mixtures, 0.0125 M. Approximate ionic strength of buffer solutions (above pH 2.0), 0.1 M.

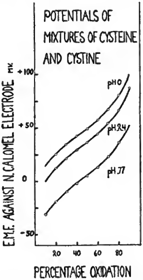


Fig. 2. Total concentration of cystine and cysteine, 0.0125 M. Ionic strength of buffer solution at pH 0, 2 M. Ionic strength of buffer solution at pH 0.24, 1 M. Ionic strength of buffer solution at pH 0.77, 0.5 M.

if possible, an agent to the system under investigation which would facilitate the establishment of true equilibrium. In accordance with Shaffer's (22) review of the "equivalence change principle" in ionic oxidation-reduction reactions in which it is postulated that I^- catalyzes the oxidation of H_2S, it might be expected that iodide ion would also facilitate establishment of the equilibrium under investigation. Bearing in mind the conditions found by Lavine (20) for the conversion of cysteine to cystine, the experience of Lewis (23) in establishing equilibrium in systems such as arsenate-arsenite, as well as the above-described experiments in all of which hydriodic acid (or KI) was employed, mixtures of cystine and cysteine in a solution of HI were prepared and their potentials were measured. The following solutions were employed: 2 N HCl + 2 N KI, 1 N HCl + 1 N KI, and 0.5 N HCl + 0.5 N KI. In order to avoid the formation of free iodine by the action of atmospheric oxygen, cysteine and cystine were dissolved in the HCl solution and the mixtures were de-

oxygenated by passing oxygen-free nitrogen through them for half an hour. Freshly prepared potassium iodide solutions were treated in a similar manner. Equal volumes of both solutions were then quickly mixed and their potentials measured in a vessel filled with nitrogen. Solutions that exhibited the faintest blue color with starch indicator were discarded. The results of these experiments are shown graphically in figure 2 (p. 267), and the data are evaluated in table 3. The E°′ value is 0.276, which differs but little from the value obtained in the oxidimetric procedure.

TABLE 3

E.M.F. of Cysteine-Cystine Mixtures

Oxidation	Concentration		E.M.F.[a]			$0.059 \log \frac{[RSSR]^{1/2}}{[RSH]}$	E°′		
	of RSH	of RSSR	at pH 0 Exp. 1	at pH 0.24 Exp. 2	at pH 0.77 Exp. 3		Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
Per cent	*Moles per liter × 10³*	*Moles per liter × 10³*	*Volt*	*Volt*	*Volt*[b]		*Volt*	*Volt*	*Volt*
10	11.25	0.625			0.030	0.0205			0.278
20	10.00	1.250	0.024	0.011	.019	.0323	0.275	0.276	.277
30	8.75	1.875	.033	.020	.010	.0409	.275	.276	.277
40	7.50	2.500	.042	.029	.001	.0486	.276	.277	.278
50	6.25	3.125	.048	.035	.006	.0562	.275	.276	.278
60	5.00	3.750	.056	.044	.014	.0642	.275	.277	.278
70	3.75	4.375	.066	.055	.023	.0735	.276	.275	.278
80	2.50	5.000	0.081	.067	0.034	.0856	0.277	.278	0.276
90	1.25	5.625		0.086		0.1050		0.278	

[a] E.M.F. vs. N calomel electrode.
[b] The first four values have a minus sign; the others, a plus sign.

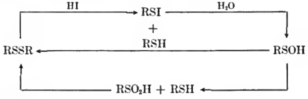
The foregoing experiments show that the equilibrium

$$RSSR + 2H^+ + 2e \rightleftarrows 2RSH$$

was not established in aqueous solution in the absence of iodide ion. When I^- is added to the cystine-cysteine mixture, it is found that the following equilibrium also exists:

$$I_2 + 2e \rightleftarrows 2I^-$$

Therefore the electrons lost or gained in the RSSR-RSH system may pass through the iodine-iodide couple acting as an intermediary in the sense of a catalyst. Whether or not there is a direct reaction between the components of the two systems cannot be determined from the present experiments. However, the work of Lavine and of Toennies (24) suggests that the following cycle may exist:



The RSO_2H may also be reduced by the HI present in the solution.

The validity of the reaction

$$RSO_2H + 3RSH \rightleftharpoons 2RSSR + 2H_2O$$

was tested experimentally. Known amounts of cysteine sulfinic acid kindly supplied by Dr. T. F. Lavine were dissolved in a N HI solution and added to mixtures of cysteine and cystine likewise dissolved in N HI. The mixtures were allowed to stand overnight in an oxygen-free atmosphere and their potentials were measured. In making the calculations, the assumption was made that the concentration of RSO_2H is negligible since this compound, if present in aqueous solution, reacts with RSH to form RSSR. The observed and calculated values are given in table 4. The agreement is satisfactory and lends support to the assumption made. It is to be emphasized that the scheme outlined above may or may not describe the true reactions in which I^- appears to function as a catalyst. A sufficiency of experimental data is not yet available to decide this question. However, the above-described reactions along with the experiments carried out by us present a logical sequence and point strongly to the probable role played by I^- as a catalyst in the cystine-cysteine equilibrium. The data presented in this paper point strongly to the conclusion that in those experiments in which the addition of cystine to solutions of cysteine had no effect on the potential, true equilibria were not attained.

TABLE 4

POTENTIALS OF MIXTURES OF CYSTINE, CYSTEINE, AND CYSTEINE SULFINIC ACID IN N HI

0.01 M RSH in N HI	0.005 M RSSR in N HI	0.00333 M RSO_2H in N HI	Concentration		E.M.F.*		$0.059 \log \frac{[RSSR]^{1/2}}{[RSH]}$
			of RSH	of RSSR	Obs.	Calc.	
Ml.	*Ml.*	*Ml.*	*Moles per liter*	*Moles per liter*	*Volt*	*Volt*	
3.5	1.5	0	0.00700	0.00150	0.032	0.034	0.0438
3.5	1.5	1.0	.00417	.00240	.051	.053	.0629
2.0	3.0	0	.00400	.00300	.055	.057	.0670
2.0	3.0	1.0	0.00167	0.00361	0.078	0.082	0.0919

* E.M.F. vs. N calomel electrode.

Ergothioneine.—A sample of this compound was kindly supplied by Professor George Hunter. The material was recrystallized from 95 per cent alcohol and pyridine. A 0.03 M aqueous solution was prepared and, after dilution with the buffer solution, a 0.015 M solution was titrated. Iodine dissolved in acetic acid was used as titrating agent in pH regions 1.0–2.2. This oxidizing solution could not be used at higher pH values than those given since it interfered with the buffering action of the phthalate and phosphate mixtures. Potassium permanganate was therefore employed. The use of this reagent in the present experiments may be questioned since it is not definitely known that oxidation of the sulfhydryl compound may not proceed beyond the disulfide stage. If other products were formed, the amounts were probably negligibly small since no break in the curve at the time the permanganate was used was noted. Moreover, stoichiometric amounts of permanganate were required for the titration. The titration curves of ergothioneine are shown in figure 3. The $E^{0\prime}$ value was found to be 0.36 volt.

Thiolhistidine.—A sample was kindly supplied by Dr. C. R. Harington. For purposes of titration, a 0.01 M solution was prepared by suspending the crystals in water, and heating the mixture to 90° in an atmosphere of nitrogen. No precipitation occurred on cooling. After dilution with the buffer, the concentration of thiolhistidine was 0.005 M. The same procedure was used in titrating this amino acid as was employed for ergothioneine. The titration curves are shown in figure 4. The E°′ value was found to be 0.32 volt.

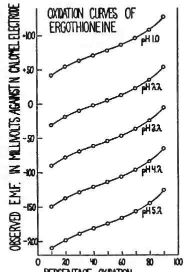


Fig. 3. Concentration of stock solution of ergothioneine, 0.03 M. Initial concentration of ergothioneine in buffer mixtures, 0.015 M. Ionic strength of buffer solutions (above pH 1.0), 0.1 M.

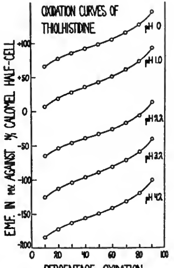


Fig. 4. Concentration of stock solution of thiolhistidine, 0.01 M. Initial concentration of thiolhistidine in buffer mixtures, 0.005 M. Ionic strength of buffer solutions (above pH 1.0), 0.05 M.

Glutathione.—The Eastman Kodak Company's product was employed. A 0.022 M aqueous stock solution was prepared. The concentration of the solution titrated was 0.0022 M. Both 0.05 N iodine dissolved in 0.5 per cent KI and 0.03 N $KMnO_4$ were employed as oxidizing agents, the former at pH 2.2–4.2 and the latter at higher pH values. An appreciable amount of drift in potential occurred in the iodine titrations; it was necessary to carry out repeated determinations in order to obtain concordant results. There was practically no potential drift during the permanganate titrations. The potentiometric end points, though not very sharp, were nevertheless distinguishable. The titration curves are shown in figure 5. The E°′ value was found to be 0.45 volt.

Thioglycollic acid.—The colorless fraction boiling at 105° and under 11 mm. pressure was employed. The concentration of the stock solution was 0.0491 M. After addition of buffer, the solutions that were titrated were 0.0245 M. Iodine dissolved

in KI and in N HI was used as oxidizing agent. The technique employed in the potentiometric titration of this compound was similar to the one used in the case of cysteine. The titration curves are shown in figure 6. The determined E°′ value was 0.27 volt. Fisher (15) reported 0.416 volt. When Fisher's data are used to calculate E°′ according to equation (33), 0.303 volt is obtained. In carrying out this calculation it was assumed (precise data are lacking) that the concentration of thioglycollic acid was 0.008 M.

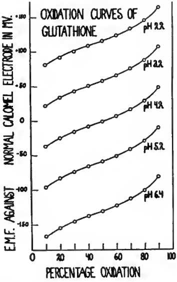


Fig. 5. Concentration of stock solution of glutathione, 0.022 M. Initial concentration of glutathione in buffer mixtures, 0.0022 M. Ionic strength of buffer solutions, 0.05 M.

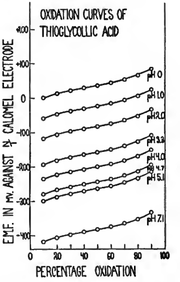


Fig. 6. Concentration of stock solution of thioglycollic acid, 0.0491 M. Initial concentration of thioglycollic acid in buffer mixtures, 0.0245 M. Approximate ionic strength of buffer solutions (above pH 1.0) 0.1 M.

Thiophenol and thiocresol.—The fractionally distilled compounds were dissolved in 95 per cent alcohol. The concentrations of the alcoholic stock solutions were 0.0482 and 0.0513 M, respectively. The two compounds are not appreciably soluble in water, but they can be kept in solution in alcohol-water mixtures. For purposes of titration, 2 ml. of the thiol reagent, 12 ml. of neutral ethyl alcohol, and 6 ml. of the aqueous buffer solution were introduced into the titration chamber. The actual concentration employed in the titrations of thiophenol and thiocresol were 0.00482 M and 0.00513 M, respectively. Iodine dissolved in KI and potassium permanganate were used as oxidizing agents. The titration with permanganate had to be carried out quickly since this reagent reacts slowly with the alcohol. No manganese dioxide was formed during the titration; it did form when an excess of this reagent was permitted to react with the water-alcohol solution for about 5 hours. The amounts of the oxidizing agents used in the titration were practically stoichiometric. The re-

spective titration curves are represented graphically in figures 7 and 8. The E°′ value of thiophenol is 0.11 volt, and that of thiocresol, 0.30 volt. It is understood that the E°′ values of sulfhydryl-disulfide systems in alcohol-water mixtures may not be comparable to those in aqueous solution.

Monothioethylene glycol.—A commercial sample obtained from the Union Carbon and Carbide Company was distilled twice under vacuum and dissolved in water. The concentration of the titrated solution was 0.025 M. Iodine dissolved in KI solution

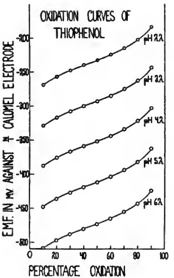


Fig. 7. Concentration of stock solution of thiophenol, 0.0482 M. Initial concentration of thiophenol in buffer mixtures, 0.00482 M. Ionic strength of buffer solutions, 0.05 M.

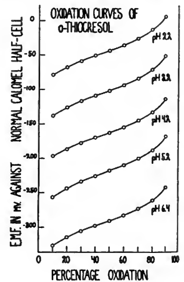


Fig. 8. Concentration of stock solution of *o*-thiocresol, 0.0513 M. Initial concentration of *o*-thiocresol in buffer mixtures, 0.00513 M. Ionic strength of buffer solutions, 0.05 M.

was employed as the oxidizing agent. The data are shown in figure 9. The E°′ value was found to be 0.35 volt. Fisher (15) reported 0.42 volt. This value is in error by at least 59 mv., owing to the calculation error previously mentioned. A more exact correction cannot be applied since no mention is made of the concentration employed. As a first approximation we may assume Fisher's (15) value to be about 0.36 volt, which is of the same magnitude as our value.

Attempts were made to determine the potentials of homocysteine and homocystine mixtures. This was found to be impossible since in acid solution homocysteine forms a thiollactone the sulfur of which is not subject to reversible oxidation and reduction.

The oxidation-reduction titration curves of the compounds studied at pH 7.0 are shown in figure 10. This graph contains some curves that are not shown in previous figures. The influence of pH on the oxidation potentials of the compounds studied is

represented in figure 11. The dotted lines in this figure extrapolate the potentials to pH 0 and pH 7.0. In some instances points in the extrapolated portions of the curves were determined experimentally and found to check well with the extrapolated values.

The fact that the curves are straight lines and the E.M.F. values are found to decrease 0.059 to 0.060 volt per pH unit is in accordance with the postulated electrode reaction. As a check of the validity of the experimental data, a theoretical

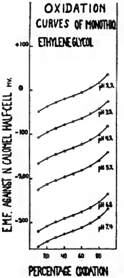


Fig. 9. Concentration of stock solution of monothioethylene glycol, 0.050 M. Initial concentration of monothioethylene glycol in buffer mixtures 0.025 M. Ionic strength of buffer solutions, 0.1 M.

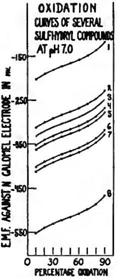


Fig. 10. Designation of curves: 1. glutathione; 2. ergothioneine; 3. monothioethylene glycol; 4. thiolhistidine; 5. *o*-thiocresol; 6. cysteine; 7. thioglycollic acid; 8. thiophenol.

Note: The concentrations of the stock solutions, the initial concentrations of the compounds in buffer mixtures, and the approximate ionic strength of the buffer solutions are given in the text or in the legends for the figures corresponding to the designated compounds.

curve based on equation (31) was plotted. When this curve was superimposed on the experimental curves (figs. 1–9) little or no deviation was observed.

No attempt has been made in the present experiments to determine E°′ values over a wide range of concentration of the components of the systems and to extrapolate E°′ to infinite dilution. Aside from experimental difficulties, the errors inherent in the present mode of experimentation together with the necessary assumptions that have to be made do not warrant doing this at the present time.

The values of the normal oxidation potentials, equilibrium constants, and free energies of the systems studied are given in table 5.

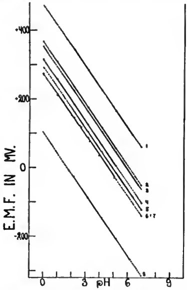


Fig. 11. The effect of pH on the electromotive force of certain disulfide-sulfhydryl couples.

NOTE: The electromotive force values are referred to the hydrogen electrode and are equal to Eh. The curves have been plotted with the aid of equation (31). Values for [RSSR] and [RSH] were so chosen that the term $\frac{RT}{F} \ln \frac{[RSSR]^{\frac{1}{2}}}{[RSH]}$ becomes equal to zero. At pH = 0, the E.M.F. values correspond to $E^{\circ\prime}$. The data used in plotting the solid portion of each of the curves were obtained from the corresponding graphs given in figures 1–9. The designation of the curves are the same as those in figure 10.

TABLE 5

NORMAL OXIDATION POTENTIALS, EQUILIBRIUM CONSTANTS, AND FREE ENERGIES OF $RSSR \rightleftarrows RSH$ COUPLES AT 25°

RSH	$E^{\circ\prime}$	K°(RSSR-RSH)[a]	$-\Delta F^{\circ\prime}_{298.1}$[a]
	Volt		*Calories*
Thiophenol[b]	0.11	5.4×10^{3}	5,100
Thioglycollic acid	0.27	1.4×10^{9}	12,400
Cysteine	0.27	1.4×10^{9}	12,400
o-Thiocresol[b]	0.30	1.5×10^{10}	13,800
Thiolhistidine	0.32	7.0×10^{10}	14,800
Monothioethylene glycol	0.35	7.3×10^{11}	16,100
Ergothioneine	0.36	1.6×10^{12}	16,600
Glutathione	0.45	1.8×10^{15}	20,800

[a] Calculated with the aid of equations:

$$\Delta F^{\circ\prime} = -E^{\circ\prime} NF$$

$$E^{\circ\prime} = \frac{RT}{NF} \ln K'$$

[b] The standard state of the components of these couples is a M alcohol-water (70 per cent) solution; that of the others is a M aqueous solution.

DISCUSSION

Of the compounds studied, it might be expected that thiophenol would be the strongest reducing agent since resonance in this molecule enhances the formation of the ⬡S^- ion. One might attempt to draw an analogy between the acidity of phenol and an aliphatic alcohol on the one hand and the reducing strength of thiophenol and an aliphatic mercaptan on the other. However, there is no clear-cut relation between acidity and electronegativity (25). This appears to be borne out by the fact that the difference between the pK values of phenol and cresol is small whereas the difference in reducing strength of the respective thiol compounds is considerable. The normal oxidation potentials of cysteine and thioglycollic acid are essentially the same. This might be expected from their similarity in chemical structure. Glutathione, on the other hand, has a much larger $E^{0\prime}$ value than either of these two compounds, and it is to be expected that it will oxidize both cysteine and thioglycollic acid. However, steric hindrance might affect the kinetics of the reaction and hence it might proceed too slowly to be practicable. It is difficult to predict, at the present state of our knowledge, the precise effect of structure on the oxidation-reduction potential, especially when the dithio compound is contained in a protein molecule. It is known that thioglycollic acid and cysteine can reduce the -SS- group in proteins. From this fact, and from the present data which show that the reducing strength of glutathione is considerably smaller than that of cysteine, it might possibly be inferred that the reducing strength of the -SH group in proteins is equal to, or smaller than, that of glutathione. From the close similarity in chemical structure it is to be expected that the oxidation potentials of thiolhistidine and its betaine, ergothioneine, would not differ very much. This is in some measure borne out by the data. However, small structural differences may have a pronounced effect on some of the properties of molecules. Thus there is a decided difference between the solubility of thiolhistidine and ergothioneine in water.

It has been shown that titanium trichloride, the E^0 value of which is 0.04 volt, will reduce cystine (26). This is compatible with the $E^{0\prime}$ value for the cysteine-cystine system found in the present experiments, but the reaction would not be expected from such values as, for example, were calculated by Borsook and his co-workers (12).

SUMMARY

1. The oxidation potential of cysteine-cystine was determined by electrometric titration with iodine and by determination of the E.M.F. of mixtures of the two components. The oxidation potentials of glutathione, thioglycollic acid, thiolhistidine, ergothioneine, thiophenol, thiocresol, and monothioethylene glycol were estimated by potentiometric titration, using iodine or potassium permanganate as oxidizing agents.

2. The free energies and equilibrium constants of these systems were calculated.

3. Comparisons have been made between certain of the values determined in the present experiments and the recalculated values found in the literature.

Valuable suggestions by Dr. Harold Tarver are gratefully acknowledged.

REFERENCES

1. Dixon, M., and J. H. Quastel, J. Chem. Soc., **123**, 2943 (1943).
2. Kendall, E. C., and F. F. Nord, J. Biol. Chem., **69**, 295 (1926).
3. Dixon, M., and H. E. Tunnicliffe, Biochem. J., **21**, 844 (1927).
4. Michaelis, L., and L. B. Flexner, J. Biol. Chem., **79**, 689 (1928).
5. Ghosh, J. C., S. N. Raychandhuri, and S. C. Ganguli, J. Chem. Soc., **9**, 43 (1932).
6. Ghosh, J. C., and S. C. Ganguli, Biochem. J., **28**, 381 (1934).
7. Green, D. E., Biochem. J., **27**, 678 (1933).
8. In this connection see Barron, E. S. G., L. B. Flexner, and L. Michaelis, J. Biol. Chem., **81**, 743 (1929).
9. Brdička, R., Czechoslovak. Chem. Com. Collect., **5**, 148 (1933).
10. Kolthoff, I. M., and C. Barnum, J. Am. Chem. Soc., **63**, 520 (1941).
11. Fruton, J. S., and H. T. Clarke, J. Biol. Chem., **106**, 667 (1934).
12. Borsook, H., E. L. Ellis, and H. M. Huffman, J. Biol. Chem., **117**, 281 (1937). See also, Borsook, H., and H. M. Huffman, in Schmidt, C. L. A., the Chemistry of the Amino Acids and Proteins, Springfield and Baltimore, 1938 and 1944, p. 868.
13. Williams, J. W., and E. M. Drissen, J. Biol. Chem., **87**, 441 (1930).
14. Becker, G., and W. A. Roth, Z. physik. Chem., **169**, 287 (1934).
15. Fisher, E. K., J. Biol. Chem., **89**, 753 (1930).
16. Kolthoff, I. M., and N. H. Furman, Potentiometric Titrations, New York, 1931.
17. Clark, W. M., The Determination of Hydrogen Ions, Baltimore, 1928.
18. Toennies, G., and T. F. Lavine, J. Biol. Chem., **112**, 498 (1936).
19. Warhurg, O., Biochem. Z., **187**, 255 (1927).
20. Lavine, T. F., J. Biol. Chem., **109**, 141 (1935).
21. Lucas, C. C., and E. J. King, Biochem. J., **26**, 2076 (1932).
22. Shaffer, P. A., Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., **7**, 50 (1939).
23. Lewis, G. N., personal communication.
24. In this connection see Lavine, T. F., J. Biol. Chem., **113**, 583 (1936), and Toennies, G., J. Biol. Chem., **122**, 27 (1937–1938).
25. See Latimer, W. M., Oxidation Potentials, New York. 1938.
26. Sullivan, M. X., and W. C. Hess, J. Biol. Chem., **117**, 423 (1937).

Отдельный оттиск из „Русского Гидробиологического Журнала“, т. II, № 1—2, 1923. Саратов.

Separatabdruck aus der „Russischen Hydrobiologischen Zeitschrift“, Bd. II, № 1—2, 1923, Saratow, Russl.

Наблюдения над вертикальным распределением растворенного кислорода и сероводорода в Кристателлевом пруде (Петербургской губ.) и некоторые сведения о планктоне последнего.

В. М. Рылов (Петербург).

В настоящей статье я сообщаю некоторые результаты исследований над прудами окрестностей Старого Петергофа, производимых мною в 1920—1922 г г. при Петергофском Естественно-Научном Институте. Задачей этих исследований [1]) было изучение биологии планктона (гл. обр. животного) преимущественно трех прудов. При этом были произведены различного рода гидрологические работы и значительная доля внимания уделялась (в 1921—1922 г.г) наблюдениям над растворенным кислородом. Неоднократно констатировавшееся при этом чрезвычайно низкое содержание, а иногда и полное отсутствие, кислорода, наводило на мысль об интенсивном поглощении этого газа илом. В связи с этим были предприняты исследования над растворенным в воде сероводородом и поставлены опыты над поглотительной способностью илов. Сообщаемые здесь результаты относятся к Кристателлевому пруду [2]), самому крупному из исследованных мною водоемов, в котором, ввиду его сравнительно значительной глубины и полного отсутствия зарастания водной поверхности, исследования над вертикальным распределением газов и планктона могли быть поставлены наиболее регулярно и полно.

Считаю необходимым остановиться на методике. Количественный анализ растворенного в воде кислорода производился мною по общеизвестному методу Винклера, нашедшему себе широкое приложе

[1]) Краткое информационное сообщение об этих исследованиях—см. Рылов, В. Об исследовании планктона прудов окр. Стар Петергофа в 1920—1922 г.г." Бюлл. Росс. Гидрол. Инст., № 5, 1922, стр. 7—8.

[2]) Название дано по присутствию в этом пруде мшанки Cristatella.

ние в гидробиологии. Как показали исследования Хлопина[1], а в последнее время Kunz'а[2]), в чистых или слабо загрязненных водах этот метод весьма точен и вполне может заменять сложный газометрический метод. Так, неоднократные анализы на присутствие в Кристаллевом пруде азотистой кислоты дали отрицательные результаты, а растворенные органические вещества в этом водоеме представлены гл. обр. а м. б. и исключительно гумиовыми веществами,—весьма стойкими, инагильными соединениями, не нарушающими точности Винклеровского метода, то последний применялся в неизмененном виде. Непосредственно вычисленные об'емы O_2 в кб. см. $^0/_{00}$ приводились к 0° 760 мм. давления. При вычислении $^0/_0$ содержания O_2 относительно нормального насыщения при данной t° и норм. давл. я пользовался таблицей Винклера[3]). Сероводород титровался по методу Дюпаскье-Фрезениуса[4]); сильно изменяющийся титр иода перед каждым анализом на сероводород тщательно поверялся по заранее установленному титру серноватистокислого натрия[5]).

Пробы воды для газового анализа брались батометром Лебединцева, а гл. обр. сконструированным мною из трехгорлой склянки (с тубусом внизу) ок. 2 литров вместимостью батометром. В среднее горло склянки вставлена доходящая до дна сосуда вводная стеклянная трубка, а одно из боковых горл вставлен защищенный снаружи особым футляром термометр, а в другое горло—короткая выводная стекл. трубка, на которую надевается гуттаперчевая трубка ок. 5 метров длиной; свободный конец этой трубки выводится наружу, над поверхностью воды. Батометр опускается в закрытом виде, причем конец его вводной трубки запирается резиновым колпачком; к последнему привязан линь, дергая за который открывают батометр на любой глубине. Описываемый батометр отличается от батометра[6]) «Воронков и Гальцов» лишь полным отсутствием клапана, замененного выводной гуттаперчевой трубкой. При моих работах такой упрощенный батометр оказался чрезвычайно практичным; перед Лебединцевским он имеет то преимущество, что при взятии пробы у дна вовсе не захватывает ила, т. к. вода в него поступает сверху (в употребляемой мною модели—30 см. от дна).

Неоднократные анализы воды, одновременно взятой обоими батометрами, дали весьма сходные цифры,—разница не превышала 0,01—0,02 кб. см. $^0/_{00}$, при чем батометр Лебединцева давал обычно даже бо́льшие цифры, почему и употреблялся преимущественно другой батометр, к тому же почти совершенно лишенный металлических частей, что имеет известное значение при взятии пробы на сероводород.

---

1) Хлопин Г. В. „К методике определ. раствор. в воде кислорода". Диссертация, Москва, 1896.

2) Kunz R. W. „Vergleichung d. gasvolumetr. mit d. titrimetr. Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs u. Bestim. d. v. Züricher Seewasser absorb. Sauerstoffs" Mitt. physikal. Ges. Zürich, 16, 1914. (реферат в Int. Rev. ges. H. u. H. Bd. VIII, № 4 1918).

3) „Kluth H. „Untersuch. des Wassers an Ort u. Stelle". 2 Aufl., Berlin 1911 p. 79.

4) Волжин В. А. „Анализ воды". Екатеринослав 1912, стр. 143—144.

5) Установка и поверка этого титра производилась в химич. лаборатории Петроградского Университета химиком Э. Х. Фрицманом.

6) Воронков Н. В. и Гальцов П. С. „Дешевый батометр для озер средней глубины". Тр. Гидробиол. Ст. на оз. Глубоком, т. III, 1910, стр. 213—216, рис. стр. 214. Этот-же батометр вторично описан Гальцовым в его работе „Исследов. Косинских озер". Дн. Зоол. Отд. Об. Л. Е., А. и Этн. т. III, № 11, 1913, стр. 28, рис. 14.

Кристателлевый пруд—водоем искусственный. Его ложе представляет возвышенную начальную часть глубокого оврага, спускающегося к Невской губе, вероятно около 100 лет тому назад [1]) перегороженную прекрасно устроенной каменной дамбой (дл. ок. 50 м.). Благодаря этой дамбе, стекающие в овраг воды стали задерживаться в его отгороженной части и так. обр. возник довольно обширный водоем. В нем можно различить три отдела,—собственно пруд и отходящие от него в Ю. и Ю. З. направлениях два широких рукава. Прежде эти рукава кольцом охватывали большой участок суши—„остров", но в настоящее время рукава почти разобщены, т. к. позади острова (близ его южн. берега) они отделены заросшим болотом.

Стоком Кристателлевого пруда служит широкий и совершенно плоский желоб, проложенный под аркой дамбы, на ее середине. При высоком уровне по этому желобу вода каскадами стекает в овраг (весной и осенью здесь образуется настоящий маленький водопад), по дну которого протекает ручей, впадающий в Невскую губу и местами прудообразно расширяющийся. Так как повышение уровня и связанное с ним функционирование стока играет довольно крупную роль в газовом режиме пруда (см. ниже), то считаем нелишним привести нижеследующую таблицу (I) колебаний уровня. За нуль принята плоская поверхность сточного желоба. Знак минус стоит при цифрах, относящихся к уровням ниже нуля, знак плюс—к цифрам, показывающим, насколько уровень пруда выше уровня поверхности желоба; последние цифры, следовательно, совпадают с моментом слива вод по желобу.

	Уров. см.	Примечания.		Уров. см.	Примечания.
1921.			1922.		
5. IV.	+1/2	Спад воды.	9. III.	+2	Слаб. спад воды.
28. IV.	−8		25. III.	+3	„ „ „
12. V.	−8		22. IV.	+14	Мощн. спад воды.
29. V.	−8		5. V.	+13	„ „ „
5. VI.	−8		17. V.	+3	Слаб. спад воды.
12. VI.	−8		30. V.	+1,5	оч. слаб. спад в.
19. VI.	−2		11. VI.	0	
26. VI.	−2		22. VI.	+5	
3. VII.	−2		2. VII.	+3,5	
9. VII.	−2		13. VII.	0	Желоб сух.
16. VII.	+1/2	Спад воды.	23. VII.	0	
30. VII.	+1/2	„ „	6. VIII.	+5	Спад воды.
6. VIII.	+1/2	„ „	19. VIII.	+2	„ „
13. VIII.	−2—3		3. IX.	−1	
19. VIII.	−3		17. IX.	+3,5	Спад воды.
27. VIII.	−3		5. X.	+4,5	„ „
25. IX.	−3				
1. X.	−3				
16. X.	+10	Сильн. спад воды.			
2. XI.	+20	„ „ „			
19. XI.	+2	Слаб. спад воды.			
16. XII.	—	Стока нет.			

Табл. I. Колебания уровня Кристателлевого пруда в 1921—1922 г.г.

[1]) По данным местных старожилов. Возможно, цифра эта несколько преувеличена, во всяком случае, давность пруда не свыше 100 лет.

Длина береговой линии собств. пруда—около 500 метров. Наиб. длина пруда ок. 170 м., наиб. ширина ок. 105 м. Район наибольших глубин лежит в сев.-вост. части пруда, где его ширина (напротив дамбы) равна 50 метрам. Максимальная глубина—3,2 м., преобладающая в этом районе—2–2,5 м. Дно почти везде покрыто черным, марким, мелкозернистым илом, в котором часты крупные растит. остатки гл. обр. опавшие листья прибрежных деревьев; листья попадаются в различных стадиях разложения. Мощность ила в районе наиб. глубин достигает 50 см.; наиболее частая толщина ила—30–40 см. Местами, особенно близ дамбы, дно покрыто крупными камнями. Преобладающим элементом растительности, локализованной по периферии пруда, является Elodea canadensis и Carex (несколько видов). Первая доходит лишь местами до глуб. 2 метров, образуя заросли до глуб. 1 метра. Заросли Carex не спускаются глубже $^{1}/_{2}$ метра. Кое где у берегов имеются незначительные заросли Scirpus, Heleocharis palustris, Alisma plantago, Glyceria fluitans, Equisetum и нек. др. У западного берега и в рукавах есть довольно обширные скопления Potamogeton natans доходящего до глуб. $1^{1}/_{2}$ метров; а сев.-вост., наиболее глубокой, части пруда их нет.

Следующие цифры дадут представление о прозрачности воды, измеренной диском Секки (числа не удвоены!): в 1920 г. наиб. прозрачность 1,5 м. (22. X, 5 и 18 XII), в 1921 г.—1.65 м. (15.IV), в 1922 г.—1,25 м. (18. I.). Наименьшие прозрачности: в 1920 г.—0,8 м. (9.VIII), в 1921 г.—0,71 м. (27.VIII), в 1922 г.—0,71 м. (10.III). Преобладающий цвет воды довольно точно определяется № 22—23 шкалы Саккардо Мищенко (изд. Уч. Комит. Мин. Земл. Петроград 1915).

В таблицах II и III сведены результаты кислородных и сероводородных анализов [1]) воды Кристателлевого пруда за 1921—1922 г.г. Донные пробы во всех случаях брались на расстоянии ок. 30 см. от дна (высота батометра), т. е. приблизительно на глубине 3 метров.

В конце сентября 1921 г. установилась полная гомотермия (осенняя циркуляция)—вся толща воды приняла t=9,5° С. Постепенное охлаждение началось уже в конце августа, но 10.IX гомотермия еще не вполне выражена: поверхн.+14,3°, $^{1}/_{2}$ м.+13,9°, 1 м.+12,0°, 2 м.+11,8°, дно+11,2° С. 17/IX она выражена уже более и близка к полной: пов.+11,4°, 1 м.+11,6°, 2 м.+11,5°, дно+11,1° С.

В момент циркуляции, характерная для лета и начала осени прямая стратификация кислорода нарушается, —24 IX. его содержание одинаково во всех слоях (около 96—94,5% норм. насыщ.). Безкислородный придонный слой при этом исчезает,—происходит полная аэрация всей толщи воды. Так как уровень с половины августа до начала сентября стоял низко (см. табл. I), то причину подобного распределения кислорода надо искать исключительно в циркуляции, т. е. в термических условиях.

---

1) Анализы от I, II, III и IV 1921 г. (в таблице внизу справа) сделаны ассист.-химиком Петроградск. Унив. Э. Х. Фрицманом, равно как и некот. анализы на кислород в поверхн. слое воды весной и в первой половине 1921 г. С половины июля 1921 г. все анализы производились лично мною.

Глуб. mt	t° C.	O_2	Глуб. mt.	t° C.	O_2	Глуб. mt.	t° C.	O_2	Глуб. mt.	t° C.	O_2	Глуб. mt.	t° C.	O_2
	19. VIII. 921.			4. I. 922.			25. III. 922.			11. VI. 922.			6. VIII. 922.	
0	21,2	7,1	0	0,2	1,1	0	0,0	4,00	0	20,0	7,83	0	16,5	6,70
1/2	18,8	6,6	1	2,8	1,0	1	1,4	1,50	1	14,2	6,05	1	15,1	4,04
1	17,6	4,3	2	4,1	0,3	2	4,2	0,00	2	9,4	1,06	2	11,9	0,57
2	14,5	2,0	дно	4,6	0,3	дно	4,5	0,00	дно	8,4	0,70	дно	9,9	0,00
дно	12,4	0,00	H_2S с глуб. 1 м.			H_2S с глуб. 2 метров. у пов. H_2S нет.						у дна H_2S.		
	24. IX. 921.			18. I. 922.			22. IV. 922.			22. VI. 922.			19. VIII. 922.	
0	9,5	7,65	0	0,0	0,90	0	0,6	9,11	0	18,1	5,80	0	14,6	5,89
1/2	9,5	7,65	1	2,2	0,60	1	1,2	9,10	1	15,7	3,08	1	13,6	4,21
1	9,5	7,6	2	3,7	0,20	2	2,1	8,33	2	9,8	0,47	2	11,8	0,34
2	9,5	7,45	дно	4,2	0,00	дно	2,5	8,10	дно	7,4	0,18	дно	10,4	0,00
2 1/2	9,5	7,55	H_2S во всех слоях.									у дна H_2S.		
	16. X. 922.			17. II. 922.			5. V. 922.			2. VII. 922.			5. X. 922.	
0	5,6	6,26	0	0,0	0,70	0	10,1	6,88	0	17,0	7,15	0	7,2	9,93
1 1/2	5,5	6,2	1	2,1	0,07	1	9,1	7,24	1	14,8	3,76	1	7,2	9,43
дно	5,5	10 (?)	2	4,2	0,00	2	8,4	7,2	2	11,0	0,79	2	7,2	9,09
			дно	4,6	0,00	дно	6,8	5,24	дно	8,5	следы	дно	7,2	7,68
			H_2S во всех слоях.											
	19. XI. 921.			9. III. 922.			17. V. 922.			13. VII. 922			15. I. 921.	
0	0,0	6,60	0	0,0	1,77	0	10,0	8,10	0	20,8	6,70	0	1,6	0,08
1	1,6	5,04	1/2	?	1,26	1	10,0	7,16	1	17,8	1,52		15. II 921.	
2	3,7	3,49	1	1,6	0,21	2	9,9	7,10	2	11,4	0,84	0	0.4	0,00
дно	4,8	1,45	2	4,0	0,00	дно	7,3	7,10	дно	8,8	0,00		1 III. 921.	
	16. XII. 921.		дно	4,8	0,00		30. V. 922.		у дна H_2S.			0	—	0,00
0	0,0	3,83	H_2S с глуб. 1 метра.			0	14,6	7,20		23. VII. 922.		H_2S у поверхн.		
1	2,2	3,82	у пов. H_2S нет.			1	14,6	7,03	0	19,2	7,11		15. IV 9 21.	
2	3,9	1,46				2	13,7	3,73	1	17,9	2,16	0	7,8	7,8
дно	4,6	0,91				дно	8,3	1,14	2	11,6	0,46			
									дно	10,0	0,00			
									у дна H_2S.					

Табл. II. Вертик. распределение кислорода (кб. см. ⁰/₀₀) в Кристателлевом пруде в 1921—1922 г.г.

1. III. 921.		18. I. 922.		17. II. 922.		9. III. 922.		25. III. 922.		13. VII. 922		23. VII. 922		6. VIII. 922		19. VIII. 22	
Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S	Глуб. м.	H^2S
0	26,334	0	0,303	0	2,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. I. 922.		1	0,480	1	2,761	1	1,540	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
0	0	2	0,704	2	2,420	2	2,892	2	3,962	2	0	2	0	2	0	2	0
1	следы	дно	?	дно	2,381	дно	3,725	дно	4,107	дно	следы	дно	следы	дно	следы	дно	следы
2	0,347																
дно	0,674																

Табл. III. Вертикальное распределение сероводорода (mgr. °/m) в Кристателлевом пруде в 1921—1922 г.г.

Гомотермия продолжается довольно долго. Она констатирована вплоть до 21 октября, т. е. охватывала почти месяц, продолжаясь почти до ледостава.

24 X наблюдаем уже ясную тенденцию к обратной стратификации поверхн.+3°, ½ м.+3,7°, 1 м.+4,0°, 1½ м.+4,0°. 2½ м.+4,5°, дно+4,6 С. а 31.X она была еще более выражена. Обратная термическая стратификация в 1921 г. окончательно установилась к 2 ноября, что приблизительно, совпало с моментом ледостава,—пруд окончательно покрылся льдом 27 октября. К сожалению, обстоятельства не позволили произвести достаточное количество анализов за рассматриваемый промежуток времени. Данные за 16.X, однако, показывают, что с начала гомотермии до этого срока вся толща воды была богата кислородом, и вряд-ли можно сомневаться, что такое распределение кислорода продолжалось весь гомотермический период, т. е. приблизительно до ледостава. В газовом режиме водоема момент ледостава, как известно, играет огромную роль, так как после него в течение всей зимы, до вскрытия, водоем живет насчет запасов кислорода, устанавливающихся при осенней циркуляции, которые затем и расходуются при процессах дыхания животного населения водоема и потребляются при процессах окисления илов. В 1921 г. после ледостава наблюдалось [1]) заметное повышение уровня (см. табл. I), что вызвало функционирование стока, но не нарушило целости ледяного покрова (лед только вздулся). При таких условиях возникало предположение об обогащении кислородом уже после ледостава, относя таковое всецело на влияние повышения уровня, так как в ноябре фитопланктон был развит крайне слабо (в оч. небольшом колич. Uroglena volvox, Pandorina morum, Eudorina elegans, Synura uvella; преобладает зоопланктон). Хотя прямыми данными это предположение не оправдалось (2.XI в поверхн. слое O_2=82%, а 19.XI—64,7% норм. насыщ.), я всё-же считаю крайне вероятным, опираясь на наблюдения в марте 1922 г. (см. ниже), что фактически некоторое повышение содержания кислорода в поверхностных слоях в данном случае имело место. Дело в том, что, судя по интенсивности поглощения кислорода илом (см. ниже), можно ожидать, что при нормальных условиях (при полном застое воды) содержание O_2 в период с начала ледостава до середины ноября должно было-бы падать. При функциониро-

1) В конце X—начале XI. 921 г. была кратковременная оттепель (t° воздуха +2,2° С.).

вании стока эта потеря могла пополняться, вследствие чего мы и находим довольно высокое (64,7%) содержание кислорода в поверхн. слое 19. XI. Если-бы уровень не повышался и сток не функционировал, то, весьма вероятно, к 19. XI содержание O_2 было-бы много меньше. Что в период 2/XI—19/XI процесс поглощения кислорода действительно имел место, ясно указывает его вертикальное распределение 19. XI. В это время, т. е. приблизительно через три недели после ледостава, наблюдаются уже весьма крупные изменения.

В поверхностн. слое содержание кислорода несколько понижается, а главное, оно резко падает в слое глубже 1 метра, причем в придонном слое достигает лишь 16% норм. насыщ., против 94,5% в конце сентября. К 16. XII содержание кислорода во всех слоях падает очень сильно, сравнительно с 19. XI уменьшаясь почти вдвое, но сероводорода в придонном слое нет. В течении следующих 2—3 недель падение шло еще интенсивнее. 4. I. 922 в поверхн. слое оказалось лишь 1, 1 кб. см. O_2‰ (ок. 11% норм. насыщ.), т. е. насыщенность этого слоя приблизительно равнялась таковой придонного слоя в середине декабря. Вместе с тем начинается проникновение сероводорода в толщу воды,—на глуб. 2 м. 0,347 mgr., у дна—0,647 mgr. ‰., при ничтожном количестве кислорода. За следующие 2 недели, к 18.I, верхние слои обезкислородились еще более, а в придонном слое я не нашел даже следов кислорода (на глуб. 2 м. следы). Сероводород обнаружен во всей толще воды (см. табл. III),—взятая у поверхности проба воды явственно пахнет H_2S. 17.II. 922 г. на глуб. 1 м. оказались лишь следы O_2, а на глуб. 2 м. этого газа уже вовсе не содержалось. H_2S во всех слоях, причем его количество значительно возросло.

Любопытное распределение обоих газов мы находим в марте (1922 г.). К 9 марта содержание кислорода в слое 0—1 м. неожиданно повысилось (против 6,8% в феврале, теперь 17%); при этом верхний слой потерял весь сероводород, здесь уже нацело окислившийся. Этим процессом захвачен отчасти и слой 1 м., в коем содержание H_2S с 2,761 mgr упало до 1,540 mgr. ‰. Еще резче эта картина выражена 25 III, когда в поверхностном слое сод. O_2 достигло 39%, а на глубине 1 м.—15% норм. насыщ., причем до глубины 1 м. H_2S нет; этот процесс, однако, не захватил слои воды 2 м.—дно, где содержание H_2S к 25.III заметно возросло с 3,225 mgr. до 4,107 mgr. ‰ у дна). Так. обр. к концу марта образовалось характерное послойное вертик. распределение газов—наверху лежит свободный от H_2S кислородный слой, а под ним находится анаэробная, богатая H_2S толща воды. Причина подобной стратификации в то время, когда уже заранее можно было ожидать дальнейшего израсходования кислорода (I. III 1921 г. во всех слоях обильный H_2S при отсутствии O_2!), лежит в изменении уровня пруда. Из таблицы I видно, что после продолжительного застоя воды в декабре и январе, в марте уровень повысился и начался сток воды, продолжающийся и 25. III. Очевидно, что при этом прозошло обогащение кислородом в силу притока свежей воды, которое, однако, не проникло до глубины 2 м. и ниже, где застой воды продолжался и сероводород накоплялся всё более и более, не окисляясь. Роль фитопланктона в данном случае сводилась к нулю, что можно заключить из след. состава планктона [1]) в феврале—марте:

---

[1]) Ловы 0—дно, колич. сетью.

17. II. 1922.	10. III. 922.	25. III. 922.
Paramaecium sp. — едни.	Loxodes rostrum — едни.	Loxodes rostrum — едни.
Loxodes rostrum — едни.	Infusoria n. det. — едни.	Infusoria n. det. — едни.
Infusoria n. det. — едни.	Cyclops strenuus juv 1 экз.	Cyclops strenuus самка ad. 1 эк.
Rotifer (vulgaris?) — 6 экз.	. . . . sp. juv. . . 1 экз.	Растит. организмов не найдено.
Triarthra longiseta 2 экз.	Растит. организмов не найдено.	
Лич. Corethra — едни.		
Oscillaria sp. — 1 нить.		

В середине апреля 1922 г. термическая стратификация была еще обратиой,—у пов. ок. 1° С, у диа 4,2°С. Пруд вскрылся между 24—29 апреля. 22 апреля, когда пруд освободился от льда лишь на протяжении иескольких кв. сажеи (близ дамбы), толщина льда (посередине) была 21—25 см. (25. III—46 см.). Лед разрыхлен и иасыщен водой. Снег иа льду отчастн стаял (сев. часть пруда), отчасти иаходился в состоянии таяния, образуя иа пов. льда лужи. Сток сильный (18—19 апреля он был еще мощнее). Вся толща воды (см. табл. II и III) лишена H_2S и богата кислородом (92% у поверхн. и 85% норм. иасыщ. у дна). Так. обр. 22.IV мы находим почти полиую гомоксигению, хотя термическая стратификация еще есть, менее резко, однако, выраженная, нежели зимой. Обращает на себя внимание понижение температуры всех слоев воды, что об'ясняется без сомнения мощным притоком талых вод с температурой близкой к 0°С. Причина подобного распределения температуры (выравнивания нет) и кислорода для меня ие вполне ясны. Очень может быть, что оно об'ясняется тем, что ему предшествовал момент гомотермии (между 18—20 апреля), мною пропущенный. Весьма вероятно, что большое значение здесь имел чрезвычайно мощный сток воды 18—19. IV.; к 22.IV он сильно уменьшился, причем в нижних слоях воды образовался застой, вследствие чего и оказалось возможным обратиое распределение температур при охлаждающем влиянии талой воды.

Так как соответственные измерения, к сожалению, ие были произведены, то приведенное об'яснение весьма, однако, вероятное, носит лишь предположительный характер.

1 мая мы находим уже прямую термическую стратификацию: пов. 8,4°, 1 м. 7.4°, 2 м. 6,8°, д о 6,6° С; в течении мая последняя становится всё резче выраженной. До 17. V включительно вся толща воды богата кислородом (17. V. 103% у пов. и 81% нор. насыщ. у дна), при полном отсутствии сероводорода. Такое распределение нарушается к 30. V, когда слой 2 м.—дно заметно обеднен кислородом;—начинается прямая стратификация O_2, держащаяся затем до осенней циркуляции, как и в 1921 г.

В течении июня содержание кислорода в указанном слое постепенно падает, в то время как поверхностный слой воды богат этим газом. Колебания содержания кислорода в этом слое, отмеченные в июне 1922 г., вполне соответствуют колебаниям в составе планктона и без сомнения, стоят в связи с возрастанием или убылью количества растительных организмов, что иллюстрируем след. данными (глуб. 0 м.):

30. V. O_2 = 101% норм. насыщ.—массовое развитие Dinobryon divergens.

11. VI. O_2 = 123%, „ „ —тоже, оч. много Uroglena volvox. Чрезвычайно обильный фитопланктон, количественно совершенно подавляющий животные организмы.

22. VI. O_2 =88%, норм. насыщ. —Очень резкая убыль Dinobryon, заметная убыль Uroglena. Сильное развитие Anuraea cochlearis, главная масса которой находится в слое О—1 м.

В начале июля содержание O_2 в придонном слое падает до минимума (следы); H_2S в этом слое, однако, еще отсутствует, появляясь в явственных следах к 13. VII, при полном отсутствии у дна кислорода. Такое распределение газов характерно и далее,—в течении июля, августа и наверное начала сентября придонный слой лишен кислорода и содержит, правда в незначительных количествах, сероводород. Взятая в это время придонная проба обнаруживает ясный запах H_2S и при титровании иодом дает окрашивание с крахмалом постоянно лишь после прибавления нескольких капель иодного титра. Произведенное 6. VIII. 922 г. исследоаание горизонтального распределения сероводорода (титрование на плоту) показало, что на всей территории района наиб. глубин (см. выше) придонный слой заражен сероводородом и кислорода не содержит. Таким образом, распределение газов летом и зимою принципиально одинаково. Однако, в то время как зимой обеднение кислородом охватывало всю толщу воды, летом поверхностный слой постоянно богат кислородом, а заражение сероводородом ограничивается лишь придонным слоем (см. табл. IV)

Лето и осень.	1921. VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	1921. VI.	VII.	VIII.	X.
Поверхн. . .	5,5 кб.см. —6,5 кб.	6,8 к.с.	113,4—113,8%	81,1—109%	71—110%	88—123%	106—110%	83—98,2%	117,5%
Глуб. 1 м. . .			64,0%	96%	71%	45—85%	23—53%	58—66%	111,5%

Пернод ледостава.	1921. 2.XI.	19.XI.	16.XII.	1922. 4.I.	18.I.	17.II.	III.
Поверхн.	82%	64,7%	37,5%	11%	8,8%	6,8%	17—39%
Глуб. 1 м.		52%	39%		6,2%	ок.1%	2—15%

Табл. IV. Колебання содерж. кислорода (% норм. нас.) в верхних слоях воды Кристателлевого прудв в 1921—1922 г.г. (лето, осень н пернод ледоства).

Приведенные в таблице данные показывают, что у поверхности летом содержание O_2 не падает ниже 80% (осенью до 71%) и порою превышает нормальное при данной t насыщение. На глубине 1 метра содержание O_2 колеблется от 96% (осенью) до 23%, а в большинстве случаев равно, приблизительно, 45—66% норм. насыщ. Напротив, во время ледостава в поверхностном слое и на глубине 1 метра оно падает до ничтожной цифры (6,8%—1%), а в 1921 г. в феарале—марте в этих слоях O_2 не оказалось даже и следов.

Высокое содержание этого газа в поверхн. слоях летом об'ясняется, конечно, непосредственным соприкосновением водной поверхности с атмосферой, а равно и деятельностью фитопланктона, подавляющая масса которого а Кристателлевом пруде концентрируется

именно в слое 0—1 метр, в силу наиболее благоприятных для фотосинтеза световых условий этого слоя воды.

Отметим значительное повышение содержания кислорода на глубине 1 м. 6 и 19 августа 1922 г. (см. табл. II). Так как в это время (и вообще в августе 1922 г.) фитопланктон был развит слабо (мало Gomphosphaeria naegeliana, Uroglena volvox и Ceratium hirundinella, единично Dinobryon, Eudorina и нек. др. водоросли), то это повышение нельзя об'яснить деятельностью растительных организмов. Причина его таже, что и в марте рассматриваемого года. После застоя воды в июле, как раз 6 и 19 августа функционировал сток (см. табл. I); влияние повышения уровня, однако, и на этот раз не простиралось до глубины 2 метров, где колебания O_2 оказались крайне малыми, и притом даже в сторону понижения (19. VIII).

К 5 октября устанавливается полная гомотермия (осенняя циркуляция) и вместе с ней, как и в прошлом году, происходит обогащение кислородом всей толщи воды,—поверхностный слой несколько пересыщен (117,5%), придонный близок к насыщенности (ок. 91%). В это время, при относительно слабо развитом зоопланктоне, сильно размножилась Synura uvella. Ряд измерений в сентябре и начале октября показал, что окончательное выравнивание температуры произошло между 3 и 5 октябрем. 19. IX разница между температурами поверхности и придонного слоя была равна 3° С, 25. IX—около 1,5° С, 3. X—только ок. 0,5° С. Таким образом, сравнительно с предидущим годом, в 1922 г. гомотермия установилась с некоторым запозданием, приблизительно на $1^1/_2$—2 недели.

Вышеизложенные факты приводят к след. заключениям:

1. И летом и зимою в Кристателлевом пруде наблюдается прямая стратификация кислорода.

2. И летом и зимою происходит сильное падение содержания кислорода,—летом в слое глубже 1 метра, зимой во всех слоях воды.

3. Летом придонный слой совершенно теряет кислород и заражается сероводородом, в незначительной, однако, степени.

4. Процесс обезкислороживания зимой может повести к полному исчезновению кислорода даже в поверхностном слое (зима 1921 г.).

Параллельно с этим зимой происходит постепенное обогащение сероводородом, начинающееся придонным слоем, а затем захватывающее и поверхность.

5. Колебания уровня оказывают сильное влияние на вертикальное распределение обоих газов. При функционировании стока верхние слои воды начинают обогащаться кислородом, причем во время ледостава теряют сероводород вследствие полного окисления последнего.

На слоях придонных (2 м.—дно) это влияние не отражается, за исключением, быть может, лишь очень высоких уровней (апрель 1922 г.).

6. Повышение уровня может обогащать поверхн. слой и при ледоставе, и тем самым предотвращать полную потерю кислорода (март 1922 г.).

7. Процесс обогащения сероводородом, в связи с прочими условиями, временами приводит к послойному распределению газов,—наверху кислородный, внизу сероводородный слой.

8. Осенью и весной происходит гомооксигения, стоящая в тесной связи с осенней и весенней циркуляцией.

9. Вследствие интенсивных окислительных процессов, в период ледостава осенний запас кислорода расходуется чрезвычайно быстро, и может быть использован нацело задолго до вскрытия пруда (зима 1921 г.)

Факт быстрого израсходования кислородного запаса, да еще при развитии сероводорода, заражающего всю толщу воды, чрезвычайно неблагоприятно отражается на фауне пруда и в частности на его планктоне. В Кристателлевом пруде зимой весь зоопланктон почти целиком исчезает, при чем неблагоприятные условия среды переносятся организмами в стадиях покоя. В течении зимы в иловых отложениях пруда весьма обыкновенны зимние яйца Bosmina longirostris, покоющиеся яйца Asplanchna priodonta, Aspl. brightwelli, Triarthra longiseta, Polyarthra platyptera и нек. др. организмов.

Следующий опыт показывает, что жизнеспособность покоющихся стадий при этом не теряется, несмотря на пребывание в течении нескольких месяцев в илу, в котором интенсивно протекают процессы образования сероводорода и развивается обильная микробная флора. 17 февраля 1922 г.. когда газовые условия были особенно неблагоприятны (см. табл. II и III), мною была взята (илососом Б. В. Перфильева) проба придонного ила. Состав планктона 17.II был приведен выше. Сильно пахнущий сероводородом взятый ил был помещен на дно маленького плоского аквариума, долитого водопроводной водой, предварительно профильтрованной через бумажный фильтр и вату. За исключением одной личинки Corethra, невооруженным глазом в аквариуме ничего не замечено. Под микроскопом в иле найдены лишь мелкие инфузории и бесцветные Flagellata (мало). Уже 18 марта в аквариуме оказались живые Bosmina longirostris (typ.), частью с зародышем в выводковой камере (в илу—пок. яйца этого рачка). К 3 апреля появились Anuraea aculeata f. brevispina (некоторые только с одним правым задним отростком панцыря), Anuraeopsis hypelasma, Triarthra longiseta (typ.), Diglena sp., не считая ряда инфузорий, флагеллат и Gastrotricha (Chaetonotus maximus). Аналогичные результаты были получены и для илов из двух других, исследованных мною прудов. Несомненно, огромное большинство представителей зоопланктона Кристателлевого пруда в стадиях покоя сохраняется до весны, и следовательно здесь устанавливается прямая преемственная связь зоопланктона предидущего лета с таковым последующего.

Резистентность зоопланктонных организмов по отношению к недостатку кислорода и влиянию сероводорода, однако, чрезвычайно различна. Ряд организмов, в нормальных условиях в планктоне развивающихся и зимой (Anuraea cochlearis, Triarthra longiseta и др.), переносит зимние условия нашего пруда в течении лишь некоторого времени, и в конце концов из планктона выпадает. Так напр. Triarthra longiseta в 1921 г выпала из планктона в конце февраля, в 1922 г.—в половине февраля, а Polyarthra platyptera в 1921 г.—в середине января, а в 1922 г.—в начале января. В очень мелком и маленьком Плумателлевом пруде, где зимнее заражение H_2S еще более значительно, в 1921 г. Tr. longiseta выпала в конце января, а Pol. platyptera—в конце декабря 1920 г. Некоторые организмы, однако, гораздо более стойки. Таковы напр. различные инфузории—Loxodes rostrum, Spirostomum, Frontonia leucas и нек. др., неоднократно находимые при полном отсутствии кислорода и при наличии сероводорода. Биология таких организмов будет рассмотрена мною в другом месте, здесь-же я укажу еще лишь на чрезвычайную стойкость Cyclops strenuus. В 1922 г. в Кристателлевом пруде этот рачек был найден (живым) 4.I., 10.III,

25.III., в 1920—21 г.г.—18.XII, 18.I и 19.III, и держался вплоть до вскрытия водоема.

В Плумателлевом пруде Cyclops strenuus в 1922 г. был найден 4.I (у пов. 0,2 кб. см. ‰ O_2 и 0,962 mgr. ‰ H_2S), 18.I (у пов. нет HO_2 и еще больше, чем 4.I, H_2S) и 17.II (у пов. нет O_2 и ок. 11 mgr. ‰ H_2S). Вследствие провала льда, в марте 1922 г. в этом пруде пробу было взять невозможно, но так как 22.IV того же года поймал 1 экз. этого рачка, то можно думать, что в 1921—1922 г. он продержался в этом водоеме всю зиму.

В заключение я должен остановиться на вопросе зимнего обеднения кислородом, отмеченного выше. Еще в 1908 г. покойный А. А. Лебединцев [1]) показал, что в озере Пестово (Новгор. губ.) главная масса кислорода в период ледостава идет на окислительные процессы, происходящие в придонном илу. По вычислениям Лебединцева, в оз. Пестово за зиму 6% расхода кислорода падает на планктон, 11% потребляется рыбами, и 83%—грунтом (зима 1902—1903 г.). Цифры эти, конечно, надо принимать с большой осторожностью, и лишь как весьма приблизительные. Тем не менее они, во всяком случае, дают верное указание на крайне интенсивное поглощение кислорода грунтом. Влияние последнего в этом смысле тем более можно было ожидать в небольшом заиленном водоеме, на дне которого скопляется значительное количество опадающих листьев, остатки планктогенного происхождения и проч. органические элементы. По недостатку места я не останавливаюсь здесь на примененной мною методике взятия пробы ила [2]) и на микроскопическом характере ила Кристателлевого пруда. Отмечу лишь, что его поверхностный, легко взмучивающийся слой содержит, помимо остатков высш. растений, в значит. количестве панцыри диатомовых водорослей (Tabellaria, Navicula, Meridion, Nitzschia, Synedra, Cymbella, Epithemia и мн. др.), нередко панцыри Trachelomonas, остатки Arcella, Difflugia, створки раковинок Daphnia, Bosmina, Chydorus и проч. элементы, частью планктонного, частью бентонического происхождения.

Присутствие сернистого железа придает илу характерный черный цвет, на воздухе, вследствие окисления, переходящий в светло-серый; самый верхний горизонт ила имеет коричневатую окраску. Опыт над поглощением кислорода илом был поставлен мною 10.VIII. 922 года.

В течении опыта температура воды (в отдельной банке) колебалась от 11,1 до 13,8° С., держась гл обр. около 12° С, что приблизительно соответствовало температуре придонного слоя воды—ок. 10° С.

Получились след. результаты:

10.VIII.	Первоначальное сод. O_2 в испытуемой воде	7,01	кб. см.	(ок. 97,2% норм. нас.)
11.VIII.	После 12 часов стояния	5,07	„ „	(ок. 68,1%).
„ „	Через след. 12 часов стояния	5,06	„ „	(ничтожн. поглощение!)
12.VIII.	Через след. 18 часов стояния	4,42	„ „	(ок. 59% норм. нас.).
13.VIII.	Через след. 24 часа стояния	3,33	„ „	(ок. 45% норм нас.).
17.VIII.	Через след. 4 суток стояния	1,10	„ „	(ок 14,3% норм. нас.).

---

[1]) Лебединцев А. А. „Попытка определить запас рыбы в озере по его кислородному балансу". Из Ник. Рыбов. Завода, № 11, 1908, стр. 81—111, особенно стр. 96—100.

[2]) Факт анаэробности придонного слоя позволил брать ил вместе с водою; при этом были соблюдены все предосторожности для предохранения ила от окисления воздухом и водой вышележащих слоев. Подробное описание методики будет дано мною в другом месте.

Не вдаваясь в подробное рассмотрение этих результатов, можно придти к тому заключению, что поглотительная способность поверхностного ила Кристателлевого пруда весьма значительна, и что в этом отношении ил является энергичным деятелем. Образец ила, ок. 63,6 кв. см. поверхностью и ок. 2 см. толщиной (влажный вес, определенный по окончании опыта, ок. 90 грамм), в течении недели поглотил почти весь кислород, и нетрудно себе представить, насколько энергично протекает этот процесс обезкислороживания воды (придонного слоя летом и всей толщи зимой) в самом пруде. Бесспорно, главным образом вследствие энергичной деятельности ила происходит потеря кислорода летом в придонном слое, и именно ил играет первостепенную роль в потреблении кислорода в период ледостава, когда роль зоопланктона, ввиду его крайнего обеднения, сводится почти к нулю, а значение бентонических животных вряд ли сколь либо значительно. Принимая во внимание количество и характер этих животных в нашем пруде, и тот факт, что огромное большинство их зимой в нем пребывает в состоянии ничтожной окислительной деятельности, можно утверждать, что необычайно тяжелые зимние условия Кристателлевого пруда создаются главным образом вследствие биохимических процессов, протекающих в толще иловых отложений, и что в биологии этого водоема последним принадлежит роль первостепенного значения.

Beobachtungen über die verticale Verteilung des aufgelösten Sauerstoffs und Schwefelwasserstoffs im Kristatella--Teich (Gouv. Petersburg) und einige Mitteilungen über dessen Plankton.

Von

V. M. Rylov (Petersburg).

(Aus dem Hydrobiologischen Laboratorium des Peterhofer Naturwissenschaftlichen Instituts).

In den Jahren 1920—1922 habe ich hydrobiologische, hauptsächlich planktonische, Untersuchungen der Teiche in Alt-Peterhof vorgenommen. In einem der von mir untersuchten Teiche („Kristatella"—Teich), und zwar dem grössten und tiefsten, gel ng es während den Jahren 1921—1922 besonders eingehend die hydrobiologischen Verhältnisse zu studieren. Es wurde hier u. a. die Untersuchung über die verticale Verteilung des Planktons und des aufgelösten Sauerstoffs und Schwefelwasserstoffs im Laufe etwas mehr als eines Jahres angestellt.

Der Kristatella—Teich ist ein künstliches Wasserbecken und hat ein Alter von ungefähr 100 Jahren. Die Länge seiner Uferlinie beträgt etwa 500 m. (seine zwei Arme ungerechnet), die grösste Tiefe 3,2 m. Die grössten Tiefen nehmen den ziemlich grossen nordöstlichen Teil des Teiches ein. Der Boden ist bis zu 0,5 m. von schwarzem schmierigem Schlamm bedeckt, dessen obere Schicht ziemlich reich an Humusstoffen ist. Die Vegetation (vorzüglich Elodea und Carex) ist auf die Uferregionen beschränkt, nur stellenweise bis auf eine Tiefe von 1,5 m. vordringend. Die Oberfläche des Teiches verwächst nicht. Ein Abfluss ist vorhanden. Im Sommer findet eine direkte, im Winter eine verkehrte Schichtung der Temperatur statt; im Frühling und Herbst herrscht Homothermie (Zirkulation). Auf Grund meiner Beobachtungen gelangen wir zu folgenden Schlüssen:

1. Im Sommer und im Winter findet eine direkte Schichtung des Sauerstoffs statt. Im Frühling und Herbst herrscht Homooxygenie.

2. Unterhalb 1 m. Tiefe nach der Zirkulation ist der O_2—Gehalt stark gemindert, so dass im Juli, August und Anfang September die

Bodenschicht kein O_2 mehr enthält und von Schwefelwasserstoff in-ziert ist.

3. Besonders starke Verminderung des O_2—Gehalts ist charakteristisch für die Winterzeit, während welcher die ganze Masse des Wassers nur sehr geringe Mengen von Sauerstoff enthält und ist sogar bis zur Oberfläche von H_2S infiziert (im Februar u. März 1921 liessen sich O_2—Spuren nicht einmal an der Oberfläche nachweisen).

4. Nach der herbstlichen Homooxygenie geht der O_2—Verbrauch (nach dem Zufrieren) sehr rasch von statten, wobei die überwiegende Menge bei der Oxydation des Schlammes verbraucht wird.

5. Die verticale Verteilung der beiden Gase steht in innigem Zusammenhang mit den Wasserstands—Schwankungen.

6. Der Prozess der Schwefelwasserstoffausscheidung (in dem Zusammenhang mit einigen anderen Bedingungen) führt zu eigenartiger Verteilung der Gase: es ist nämlich das O_2—haltige Wasser in der oberen, und das H_2S—haltige in der unteren Schicht gelagert.

Der rasche O_2—Verbrauch in der Bodenschicht, und die Entwicklung des Schwefelwasserstoffs (besonders energisch im Winter) stellen sehr ungünstige Lebensbedingungen dar. Die planktonischen Organismen sterben im Winter fast ganz ab. Die von mir angestellten Versuche haben aber gezeigt, dass die Dauerstadien (Wintereier von Bosmina longirostris, Dauereier von verschiedenen Rotiferen—Asplanchna priodonta, Triarthra longiseta, Anuraea aculeata und a.) unter solchen Umständen ihre Lebensfähigkeit durchaus nicht verlieren, obwohl die genannten Eier im Laufe von einigen Monaten in dem Schwefelwasserstoff—haltigen Schlamm liegen.

Zweifellos, erhalten sich die Plankton—Organismen in unserem Teiche bis zum Frühjahr des nächsten Jahres, so dass auf diese Weise eine ununterbrochene Reihe von Generationen der Planktonten entsteht.

Гублит № 280. Сарполиграфпром. Типо-литография № 9

Birge, E. A.
Cladocera et Copepoda.
6

With compliments of the auth.

V. M. RYLOV

CLADOCERA et COPEPODA

Das Zoologische Museum erhielt eine kleine Planktonausbeute, die im Jahre 1928 von Herrn N. Gorbunov während der Pamir-Expedition gesammelt worden war. Die Bearbeitung dieses Materials wurde mir aufgetragen.

Das Material besteht aus 19 im Juli-September gesammelten Planktonproben. Offenbar haben die Proben beim Transport viele Erschütterungen erlitten, da fast alle Proben auch defekte Exemplare von Entomostraken, sowie Fragmente derselben (Antennen von *Diaptomus*, Schwimmfüsse von *Cyclops* und *Diaptomus* u. a.) enthielten. Das Material hat besonders durch den Umstand gelitten, dass die Gläser offenbar nicht ganz mit Flüssigkeit gefüllt worden waren. Trotz dieser Defekte erwies sich das Material als ganz gut bestimmbar.

Die vorliegende Planktonausbeute besteht aus folgenden Proben:[1]

№ 1 (128). Seichte Pfützen am Südufer des Sees Rang-Kul, 29 IX; 3 750 *m*.
№ 2 (25). See Kara-Kul, Ostufer beim Rabat, 7 VIII; 4 000 *m*.
№ 3 (37). Kleiner See im Tal des Dshir-Uj, 12 *km* vom See Kara-Kul, 12 VIII; 4 000 *m*.
№ 4 (29). See Kara-Kul, 150 *m* vom Ostufer, an der Oberfläche, 8 VIII; 4 000 *m*.
№ 5 (127). See Rang-Kul,[2] Südufer, 28 IX; 3 750 *m*.
№ 6 (40). See Kara-Kul, nördlich der Halbinsel, an der Oberfläche, 11 VIII; 4 000 *m*.
№ 7 (60). Sümpfe bei Kzil-Tukoj im Tanymas-Tal, 19 VIII; 3 000 *m*.
№ 8 (129). Seichte Pfützen am Südufer des Rang-Kul, 29 IX; 3 750 *m*.
№ 9 (8). Moränensee im Alaital vor Bor-Doba, 3 VIII; 3 200 *m*.
№ 10 (168). See Schor-Kul,[3] Oberfläche, 19 IX; 3 750 *m*.
№ 11 (30). See Kara-Kul, Draga, 150 *m* vom Ostufer, Tiefe 3 *m*, 8 VIII; 4 000 *m*.
№ 12 (12). Kleiner Moränensee im Tal des Markan-Su, beim Anstieg zum Kzil-Art-Pass, 4 VIII; 4 230 *m*.
№ 13 (167). See Schor-Kul, 19 IX; 3 750 *m*.
№ 14 (166). Pfütze am Kokuj-Bel-Su, 14 IX; 3 800 *m*.
№ 15 (38). Lagune am Nordufer des Kara-Kul, am Boden, 10 VIII; 4 000 *m*.
№ 16 (39). See Kara-Kul, 30 *m* westlich von der Halbinsel, Oberfläche, 11 VIII; 4 000 *m*.
№ 17 (9). Moränensee im Alaital, vor Bor-Doba, 3 VIII; 3 200 *m*.
№ 18. See Kara-Kul, Ostufer, 15 VII; 4 000 *m* (Reichardt).
№ 19. Runder Teich am Nordostufer des Kara-Kul, 18 VII, 4 000 *m* (Reichardt).

[1] Die eingeklammerte Zahl bedeutet die Nummer des Sammlers. [2] Der See hat brackiges Wasser. [3] Der See hat brackiges Wasser.

Die aufgezählten Gewässer liegen sehr hoch über dem Meeresniveau: von 3 000 *m* (See im Tanymastal) bis 4 000 *m* (See Kara-Kul), in einer Gegend mit sehr rauhem Klima. Die drei obengenannten grossen Seen haben Brackwasser; über den Salzgehalt der übrigen Gewässer fehlen die Angaben, wahrscheinlich sind es Süsswassergewässer.

Material vom Pamir bietet zweifellos bedeutendes Interesse, da es aus einem in hydrobiologischer Hinsicht sehr wenig erforschten Teil des asiatischen Hochgebirges stammt. Unsere Kenntnisse über die *Entomostraca* des Pamir beschränken sich gegenwärtig[1] auf die Angaben von G. Sars (1903) und G. Werestschagin (1923). Der erste Autor führt auf Grund der Ausbeute Dr. O. Paulsen's im Jahre 1898 folgende Arten vom Pamir an: *Daphnia longispina* var., *D. pulex* de Geer, *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müll.), *Alona costata* Sars, *Diaptomus bacillifer* Koelb., *D. paulseni* Sars, *Cyclops strenuus* S. Fisch., ausserdem *Macrothrix* sp., *Alona* sp., *Cyclops* juv. und *Canthocamptus* sp.

G. Werestschagin (1923) fand im Material, das vom Pamir stammte (Ausbeute N. Bogojavlenski, 1901), folgende Arten: *Daphnia magna* Str., *D. pulex* var. *pulex*, *D. pulex* var. *pulicaria* Forbes, *D. tibetana* Sars,[2] *D. longispina* var., *D. longispina* var. *nasuta* Sars, *Ceriodaphnia reticulata* (Jur.), *C. pulchella* Sars, *Simocephalus vetulus* (O. F. Müll.), *Macrothrix hirsuticornis* Norm. &. Br., *Moina rectirostris* Leyd., *Eurycercus lamellatus* (O. F. Müll.), *Acroperus harpae* Baird, *Alona rectangula* var. *rectangula* Sars, *A. rectangula* var. *karelica* Stenr., *A. affinis* Leyd., *Graptoleberis testudinaria* (S. Fisch.), *Cornuella pamirensis* n. gen., n. sp., *Chydorus sphaericus* O. F. Müll., *Diaptomus bacillifer* Koelb., *Cyclops vicinus* Uljan., *C. viridis* Jur., *C. strenuus* S. Fisch., *C. macruroides* Lill.; ausserdem werden noch angegeben: *Diaptomus* sp., *Cyclops* sp., *Canthocamptus* sp. und *Simocephalus* sp. (Ephippien).

In der Ausbeute der Pamir-Expedition sind von mir nachfolgende Formen konstatiert worden:

Cladocera	Copepoda
Daphnia pulex de Geer	*Diaptomus bacillifer* Koelb.
Daphnia pulex de Geer var. *pulicaria* Forbes	**Diaptomus bacillifer* Koelb. var. *alpinus* (Imh.)
Daphnia magna Str.	*Diaptomus paulseni* Sars
Daphnia pamirensis sp. n.[3]	**Paradiaptomus asiaticus* (Uljan.)
Daphnia longispina var.	*Cyclops strenuus* S. Fisch.

[1] In der Arbeit P. Nassrov's (Zemlevedenije, Bd. 3, 1897, Lief. 1) werden nur Gattungsnames (*Cyclops* sp., *Daphnia* sp.) angeführt. [2] Diese Form ist, meiner Meinung nach, auf keinen Fall *Daphniopsis tibetana* Sars (s. weiter unten). [3] Zweifellos ist diese Form von G. Werestschagin (1923) unter dem Namen „*Daphnia tibetana* Sars" angeführt worden (s. weiter unten).

Scapholeberis aurita (S. Fisch.)
Simocephalus vetulus (O. F. Müll.)
Macrothrix hirsuticornis Norm. & Br.
*Alona quadrangularis (O. F. Müll.)
*Alona guttata Sars
*Rhynchotalona falcata (Sars)
Graptoleberis testudinaria (S. Fisch.)
*Alonella excisa (S. Fisch.)
*Pleuraxus aduncus (Jur.)
Chydorus sphaericus O. F. Müll.

*Cyclops viridis var. gigas Cls.[1]
*Cyclops bicuspidatus Cls. var. odessanus (Schmank.)
*Cyclops serrulatus S. Fisch.
*Canthocamptus staphylinus Jur.
*Canthocamptus northumbricus Brady

In der angeführten Liste sind die für den Pamir neuen, von den zwei vorhergehenden Autoren nicht konstatierten, Formen durch ein Sternchen (*) hervorgehoben.[2]

Auf Grund der angeführten Angaben beläuft sich die Zahl der gegenwärtig vom Pamir bekannten Arten (nicht gerechnet die Varietäten) für die Cladoceren auf 24, für die Copepoden auf 11. Es ist anzunehmen, dass künftig im Pamirgebiet noch eine Reihe von Arten dieser beiden Gruppen der Entomostraken aufgefunden werden wird. Es darf jedoch nicht ausser Acht gelassen werden, dass in den Ausbeuten dreier Pamir-Expeditionen eine ganze Reihe von Gattungen und Arten fehlt, wie z. B. die Gattungen *Bosmina* (und überhaupt die Familie *Bosminidae*), *Holopedium*, *Sida*, *Limnosida*, *Polyphemus*, *Bythotrephes*, *Leptodora* und einige andere; es fällt auch das Fehlen der Gattungen *Hyalodaphnia* und *Cephaloxus* auf. Fast alle diese Gattungen erreichen jedoch in der Gebirgszone Europas eine Höhe von etwa 2 000—2 500 *m* über dem Meeresniveau. Nach der Zusammenstellung von N. Decksbach (1923) erreicht die Gattung *Bosmina* (in den Alpen) eine Höhe von circa 2 400 *m*, *Sida* — bis 2 300 *m*, *Holopedium* — bis 2 000 —2 100 *m* (Alpen, Tatra, Kaukasus), *Polyphemus* — bis 2 000 *m* (Alpen, Tatra, Kaukasus), *Bythotrephes* — bis 2 000 *m* (Kaukasus), *Leptodora* — bis 2 080 *m* (Kaukasus). Es muss bemerkt werden, dass die beiden letztgenannten Gattungen überhaupt im Bergland der Alpen fehlen; dieses Gebiet ist natürlich viel gründlicher untersucht, als der Kaukasus, über dessen Entomostrakenfauna wir einstweilen nur karge Angaben besitzen.

Die Entomostrakenfauna des Pamir ist also im Vergleich mit der Hochgebirgsfauna der Alpen noch ärmer. Das findet eine genügende Erklärung

[1] Vorher war einfach *C. viridis* Jur. angegeben worden.

[2] Hinzugefügt muss werden, dass W. Uljanin (1875) für den Nordhang des Alaigebirges (Kara-Su, 2 468 *m*) *Canthocamptus minutus* Cls. und *Cyclops alajensis* sp. n. anführt. Beide Formen wurden in einer Pfütze gesammelt. *Cyclops alajensis* gehört zur Gruppe *serrulatus* (O. Schmeil 1897) und ist wahrscheinlich synonym mit *C. serrulatus* var. *proximus* Lill.

durch den Umstand, dass wir es im gegebenen Fall mit ausserordentlich hoch gelegenen Gewässern zu tun haben, deren Erhebung über dem Meeresniveau die Höhe sogar der höchsten bis jetzt untersuchten Alpenseen um ein Bedeutendes übertrifft. Andererseits sind die gegenwärtigen klimatischen Bedingungen des Pamir ungewöhnlich rauh, während die Bedingungen der Besiedelung der Berggewässer in beiden Fällen, und speziell während der Eiszeit, verschiedene waren. Es sei bemerkt, dass alle aufgezählten Gattungen auch im Tibet fehlen.[1] Es liegt Grund vor zur Behauptung, dass die weitere Vergrösserung der Artenzahl der Cladoceren des Pamir auf Rechnung der Familie *Chydoridae* stattfinden wird, was auch aus der vorliegenden Arbeit zu ersehen ist (5 für den Pamir neue Arten dieser Familie, 3 für den Pamir neue Gattungen),[2] und vielleicht teils auf Rechnung der Familie *Lyncodaphnidae*. Die Tatsache des Vorhandenseins parthenogenetischer Entwickelung der Cladoceren auf dem Pamir wurde, entgegen der früheren Annahme N. Zograff's, von G. Werestschagin (1923) bewiesen. Dieser Autor fand bei einer Reihe von Arten parthenogenetische Individuen (speziell bei *Daphnia*), bemerkte jedoch, dass die Periode der parthenogenetischen Vermehrung auf dem Pamir kurz, und die sexuelle Vermehrung dort sehr intensiv ist.

Unsere Befunde bestätigen durchaus die Angaben G. Werestschagin's. Das Zurücktreten der parthenogenetischen Vermehrung der Pamir-Cladoceren und die vorwiegende Bedeutung der Vermehrung auf sexuellem Wege, dessen Cyclus im allgemeinen offenbar erweitert ist, wird durch folgende Tabelle illustriert, die auf Grund des untersuchten Materials der Pamir-Expedition zusammengestellt ist.[3]

	♂♂	♀♀ ephipp.	♀♀ subit.	♀♀ ster.		♂♂	♀♀ ephipp.	♀♀ subit.	♀♀ ster.
Daphnia pulex	+	+			*Alana quadrangularis*	+	+	+	+
Daphnia magna	+	+		+	*Alana guttata*	+	+		+
Daphnia pamirensis			+	+	*Rhynch. falcata*			+	
Daphnia langispina				+	*Grapt. testudinaria*	+	+	+	+
Scaphaleberis aurita				+	*Alonella excisa*	+	+	+	+
Simocephalus vetulus				+	*Pleuraxus aduncus*				+
Macr. hirsuticarnis				+	*Chydarus sphaericus*	+		+	+

[1] 4 000—4 500 *m* über dem Meeresniveau (E. Daday 1908, G. Sars 1903). [2] *Rhynchotalana, Alanella, Pleuraxus.* [3] ♀♀ subit. = ♀♀ mit Subitaneiern, ♀♀ ster. = ♀♀ mit leerem Brutraum, ♀♀ ephipp. = ♀♀ mit Ephippium.

Von 14 Arten der angeführten Cladoceren wurden bei 6 Arten Weibchen mit parthenogenetischen Eiern im Brutraum festgestellt. Das Vorhandensein von Weibchen mit leerem Brutraum (zum Teil junge) erwies sich für die Proben vom Pamir als sehr charakteristisch, wobei in der Mehrzahl der Fälle ihre Zahl diejenige der Weibchen mit Embryonen im Brutraum merklich übertraf. Bei der Hälfte der Arten wurden ♂♂ (7 Arten) und ephippiale ♀♀ (6 Arten) gefunden. In Anbetracht der ausserordentlich kurzen Vegetationsperiode auf dem Pamir, des sehr späten Freiwerdens der Gewässer (besonders Seen) von der Eisdecke und der frühen Bildung derselben im Herbst, ferner des vollständigen Durchfrierens kleiner Gewässer, ist es durchaus verständlich, dass der Zeitraum der Parthenogenese und die Zahl der parthenogenetischen Generationen der *Cladocera* auf dem Pamir stark verringert ist im Vergleich mit dieser Zeit und Zahl in der Tiefebene derselben Breiten. In den Gebirgsgewässern Nord-Schwedens wurde diese Erscheinung von S. Ekmann (1904) ausführlich studiert; für Spitzbergen wurde kürzlich von O. Olofsson (1918) eine Reihe wichtiger Angaben veröffentlicht. Eine ausführliche Darstellung dieser Frage finden wir in der Arbeit G. Werestschagin's (1911). Es liegt aller Grund vor anzunehmen, wie das auch G. Werestschagin (1923) glaubt, dass auf dem Pamir ausschliesslich Monocyclie stattfindet, was sich wahrscheinlich auf alle *Cladoceren* des Pamir und alle Typen seiner Gewässer bezieht.

CLADOCERA

Daphnia pulex De Geer

(Taf. I, Fig. 1, 2, 5, 10, 18, 20)

Fundort: Probe № 1. Seichte Pfützen am Südufer des Sees Rang-Kul, 29 IX.
Probe № 8. Ebendaselbst, 29 IX.

In der Probe № 1 wurden in grosser Zahl Weibchen mit Ephippien und Weibchen mit leerem Brutraum gefunden, oft Männchen; parthenogenetische Weibchen fehlen. Die Exemplare aus dieser Probe gehören zur var. *pulicaria* Forbes. In der Probe № 8 wurden in ziemlicher Anzahl Ephippial-Weibchen und einzelne Exemplare von Männchen gefunden, parthenogenetische Weibchen fehlen. Infolge starker Mazeration und Deformierung lässt sich die Varietät der *D. pulex* in dieser Probe nicht genau bestimmen. Es ist eine kurze breite Form mit sehr verkürzten Dorn der Valvulae testae (Taf. I, Fig. 10, 18), der bei manchen Weibchen fast ganz reduziert ist. Offenbar gehören die Exemplare aus der Probe № 8 teils zur var. *pulex*, teils bilden sie den Übergang zur var. *pulicaria*. In unserem Material wurden Weibchen mit

parthenogenetischen Eiern nicht gefunden. Solche wurden jedoch auf dem Pamir von G. Werestschagin festgestellt (1923, See Sor-Kul und Fluss Wrang, Fangzeit unbekannt). *D. pulex* wird für den Pamir auch von G. Sars (1903) angeführt.

D. magna Str.

Fundort: Probe № 19. Teich am Nordostufer des Sees Kara-Kul, 18 VII.

In grosser Anzahl, viele ephippiale Weibchen, viele Juvenes, nicht selten Männchen. Die Exemplare sind mit europäischen vollständig identisch. Länge der ♀♀ (ephippial) 3.4—3.7 *mm* (mit der Spina), Länge der Spina 0.3—0.4 *mm*. Parthenogenetische Eier wurden nicht festgestellt. Für den Pamir wird die Art von G. Werestschagin (1923, See Kara-Kul) angegeben. Nach diesem Autor übertrifft die Länge der Weibchen aus dem See Kara-Kul nicht 2.8 *mm*, was mit unseren Befunden recht gut übereinstimmt. Ende Juli wurden nach G. Werestschagin (l. c.) Weibchen mit parthenogenetischen Eiern, Junge und 1 ♂ angetroffen.

D. pamirensis sp. n.

(Taf. I, Fig. 6—9, 11—17)

Fundort: Probe № 10. See Schor-Kul, 19 IX.
Probe № 13. Ebendaselbst, 19 IX.

In beiden Proben in bedeutender Anzahl. Zusammen mit Weibchen mit leerem Brutraum wurden in der Probe № 13 auch solche mit parthenogenetischen Eiern (seltener in der Probe № 10) angetroffen. In beiden Proben viele Junge. Männchen und Weibchen mit Ephippien wurden nicht gefunden.

Die Weibchen dieser neuen Art lassen sich durch folgende Merkmale charakterisieren:

Die allgemeine Form des Tieres ist aus unseren Figuren 6 (erwachsenes Weibchen) und 8 (junges, nicht geschlechtsreifes Weibchen) ersichtlich. Valvulae testae junger Exemplare mehr verlängert, wobei der hintere Rand etwas mehr convex ist, als bei erwachsenen Weibchen. Letztere haben nur Überreste einer Spina, die bei allen Exemplaren aus beiden Proben *fehlt*. Trotz sorgfältigen Suchens (durchgesehen wurde das ganze Sediment beider Proben) wurden in beiden Proben keine abgebrochenen Spinae entdeckt. Dabei besitzen alle jungen Exemplare eine Spina. Es musste daher angenommen werden, dass bei erwachsenen Weibchen der *D. pamirensis* nur ein Rudiment der Spina übrig bleibt, die während der Häutung abgeworfen wird und sich nicht von neuem bildet. Das Fehlen der Spina bei erwachsenen Weibchen dieser Art ist eine normale Erscheinung und keineswegs künstlich

durch Abbrechen infolge der Erschütterungen des Materials während seines Transports hervorgerufen, wie G. Werestschagin hinsichtlich der von ihm vom Pamir beschriebenen „*Daphnia tibetana*“ (s. unten) glaubt. Bei jungen Exemplaren ist die Spina lang, meist etwas auf die ventrale Seite gekrümmt, oder gerade. Der hintere Teil des dorsalen Randes der Valvulae testae erwachsener Weibchen trägt eine Reihe feiner Härchen, eine solche ist auch am hinteren Teil des ventralen Randes ausgebildet. Beide Haarreihen finden sich auch bei jungen Weibchen (Fig. 16, 17). Sowohl junge, als auch erwachsene Weibchen sind mit einem sehr gut ausgeprägten Kiel versehen (Fig. 7), der sich auch auf den Kopfteil fortsetzt (Fig. 9). Der Kiel ist innen links und rechts mit einer Reihe sehr kleiner Härchen (wie bei *D. carinata* King.) bewaffnet. Kopf niedrig, breit, mit fast geradem Vorderrand, ohne Eindruck. Rostrum kurz, stumpf. Fornix gut entwickelt, hinten nicht zugespitzt (Fig. 14), wodurch unsere *Daphnia* sich scharf von *D. psittacea* (Baird) und *D. carinata* King. unterscheidet. Auge gross, mit geringer Linsenzahl. Nebenauge gut sichtbar, etwa in der Mitte der Entfernung zwischen dem Hauptauge und der Spitze des Rostrum gelegen. Valvulae testae stark retikuliert, mit etwas verlängerten Rechtecken und von dunkelbrauner, bei jungen Tieren etwas hellerer Farbe.

Cauda (Fig. 11, 13, 15) gross, nach hinten gleichmässig verengt, mit einer Reihe verhältnismässig dünner, etwas rückwärts gebogener und von einander ziemlich weit getrennter Dorne in der hinteren Hälfte des hinteren Randes. Die Grösse der Dorne nimmt in der Richtung gegen die Analöffnung ab. Ungues caudales grob, verdickt, ziemlich stark gebogen, mit einer Reihe grosser gut entwickelter Dorne in der vorderen Hälfte des Hinterrandes, die einen kräftigen Kamm bilden. Abdominalfortsätze gut entwickelt (Fig. 13, 15). Von denselben ist der vordere Fortsatz, der im distalen Teil an den Rändern mit kleinen Härchen versehen ist, am längsten. Mittlerer Abdominalfortsatz an der Basis sehr breit, mit kurzem verengtem distalem Teil, der nach rückwärts gebogen und am Ende dicht mit ziemlich langen Härchen bedeckt ist. Hinterer Abdominalfortsatz abgerundet, gleichmässig verschmälert, an der Basis breit, in der Nähe des Randes dicht mit groben, an den Seiten mit Gruppen von kleinen Härchen bedeckt. Der Fortsatz in der Nähe der Basis der Kaudalborsten kurz, in der Nähe des Randes dicht mit langen Härchen besetzt.

Länge des Weibchens 3.2—3.7 *mm*.

Die neue Art gehört zur Gruppe der Daphnien mit einem Nebenkamm. *D. pamirensis* m. steht der *D. psittacea* Baird sehr nahe. Fig. 3 der Taf. 9 in der Monographie W. Baird's (1850) erinnert sehr an unsere Art; eine Ausnahme bildet nur die Anwesenheit der Spina. Jedoch hat E. Daday (1891) eine *D. psittacea* aus Ungarn beschrieben, bei welcher die Spina bald vorhanden, bald stark reduziert ist, bald vollständig fehlt (l. c., Taf. I,

Fig. 7—12; Fig. 9 erinnert sehr an *D. pamirensis*). Eine ausführliche Beschreibung von *D. psittacea* findet sich in den Monographien von J. Richard (1896) und W. Lilljeborg (1900). Ein sorgfältiger Vergleich mit diesen Beschreibungen zeigt aber, dass unsere *Daphnia* vom Pamir sich von *D. psittacea* durch sehr wesentliche Merkmale unterscheidet, nähmlich durch die Struktur der Fornixe. Bei *D. psittacea* bildet der Fornix hinten eine scharf ausgeprägte Zuspitzung, — „Fornix bien developpée, haute, terminée en arrière par un angle très aigu" (J. Richard, l. c., p. 210). Der zugespitze Fornix ist bei W. Lilljeborg (l. c., 1900) auf Taf. LXXXVII, Fig. 14, gut dargestellt. Bei *D. pamirensis* fehlt diese Zuspitzung und der ganze Fornix hat einen ganz anderen Umriss (s. Taf. I, Fig. 9 und 14). Zweifellos steht letztgenannte Art der *D. psittacea* Baird sehr nahe. Sie unterscheidet sich jedoch von ihr durch das angegebene, durchaus scharf ausgeprägte Merkmal, was uns kein Recht gibt, beide Arten zu identifizieren.

Die Unterschiede von anderen nahe stehenden Arten (*D. atkinsoni* Baird, *D. dolichocephala* Sars) sind so einleuchtend, dass sie wohl nicht kommentiert zu werden brauchen. Die von G. Werestschagin (1923, S. 29—31, Taf. I, Fig. 7—11) beschriebene „*Daphnia tibetana* Sars" ist, meiner Ansicht nach, mit *Daphniopsis tibetana* Sars (1903, S. 172—173, Taf. 6, Fig. 1—1e) in keinem Fall identisch. G. Werestschagin verglich seine vom Pamir beschriebene Daphniaart mit typischen Exemplaren aus der Typen-Kollektion der *Cladocera* des Zoologischen Museums der Akademie der Wissenschaften, die von G. Sars selbst bestimmt sind. Dieser Vergleich führte den Autor zum Schluss über die Identität beider Arten, wobei der Autor keinen Grund findet, die von G. Sars aufgestellte Gattung *Daphniopsis* abzutrennen. Ich habe ebenfalls sorgfältig die „*Daphnia tibetana*" G. Werestschagins (die Präparate befinden sich in der Sammlung des Zoologischen Museums der Akademie der Wissenschaften) mit den Typen von *Daphniopsis tibetana* Sars (det. G. Sars, Material vom Tibet, in der Sammlung des gleichen Museums) verglichen, wobei ich zu einem ganz anderen Ergebnis gelangte. „*Daphnia tibetana*" G. Werestschagin's unterscheidet sich so scharf von *Daphnia tibetana* Sars, dass keinerlei Grund vorliegt, beide Formen zu identifizieren. G. Werestschagin erwähnt in seiner Beschreibung (1923) nichts über die Anwesenheit eines Kiels bei seiner „*Daphnia tibetana*". Die von mir ausgeführte Untersuchung der Präparate dieses Autors überzeugte mich vom Vorhandensein eines vorzüglich ausgebildeten Kiels bei dieser *Daphnia*, während bei *Daphnia tibetana* Sars der Kiel fehlt, was G. Sars selbst bemerkt, und was ich nach der Untersuchung der Originalexemplare von *Daphniopsis tibetana* (G. Sars' Type) bestätigen kann. Wie G. Werestschagin (l. c., 1923, S. 30) richtig bemerkt, ist das Vorhandensein oder Fehlen des Kiels kein Gattungsmerkmal, da innerhalb der Grenzen der Gattung *Daphnia* Arten sowohl mit, als auch ohne Kiel

existieren. Als Artmerkmal hat jedoch der Kiel für die Systematik dieser Gattung eine sehr wesentliche Bedeutung. Weiter unterscheidet sich die Bewaffnung des Postabdomens von *Daphniopsis tibetana* Sars von der anderen Form durch eine Reihe von Merkmalen: viel kürzere und dünnere Härchen auf den Ungues caudales, viel kürzere Dörnchen am Hinterrand der Cauda, sehr schwache Bewaffnung der Abdominalfortsätze. Endlich fehlt bei *Daphniopsis tibetana* Sars die Spina vollständig, der Kopfumriss und der Umriss der Valvulae testae sind anderer Art. G. Werestschagin nimmt an, dass bei den von ihm beschriebenen erwachsenen „*Daphnia tibetana*" die Spina einfach mechanisch abgebrochen, bei Jungen aber vorhanden sei. Wie ich oben angegeben habe, kann das Fehlen der Spina bei erwachsenen *Daphnia pamirensis* m. nicht einfach durch Beschädigung erklärt werden. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass auch bei „*Daphnia tibetana*" G. Werestschagin's die Anwesenheit nur einer Andeutung der Spina bei erwachsenen Weibchen ebenfalls eine normale Erscheinung ist. G. Werestschagin erwähnt, dass im Originalmaterial von *Daphniopsis tibetana*, welches von G. Sars selbst bestimmt ist (s. oben), „am hinteren Winkel der Schalen die Anheftungsstellen der Spinae oft deutlich sichtbar sind, obgleich die Spinae selbst abgebrochen sind" (l. c., 1923, S. 30). Die Möglichkeit des Abbrechens der Spinae bei *Daphniopsis tibetana* Sars erscheint schon nach den Abbildungen G. Sars' (l. c., 1903, Taf. VI, Fig. 1—1,b) sehr unwahrscheinlich, da hier der hintere Rand der Valvulae testae so dargestellt ist, dass jede Annahme über das Vorhandensein einer Spina bei *Daphniopsis tibetana* Sars fortfällt. Um diese Frage entgültig zu entscheiden, habe ich sorgfältig die typischen Exemplare von *Daphniopsis tibetana* (det. G. Sars) durchgesehen und kann behaupten, dass denselben jede Spur einer Spina fehlt. Überdies fehlt die Spina auch einem jungen weiblichen Exemplar (Länge etwa 0.8 *mm*), wobei der hintere Rand der Valvulae testae regelmässig abgerundet ist.[1] Die Untersuchung dieser Exemplare bestätigt die Genauigkeit der Beschreibung und der Abbildungen von G. Sars, und ich kann nicht G. Werestschagin beipflichten, der in der Diagnose von *Daphniopsis tibetana* Sars schreibt: „Bei geschlechtsreifen Exemplaren, wenigstens bei manchen, ist dieser Auswuchs aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls vorhanden,[2] er bricht aber gewöhnlich ab" (l. c., S. 30). Es ist anzunehmen, dass die für *Daphniopsis tibetana* Sars charakteristische Wölbung am hinteren Rand der Valvulae testae, die in ihrer Form derjenigen bei der Gattung *Simocephalus* sehr nahe kommt, von G. Werestschagin irrtümlich für einen Überrest der Spina gehalten wurde.

Indem ich die Frage über die Identität der „*Daphnia tibetana*" G. Werestschagin's mit *Daphniopsis tibetana* Sars in negativem Sinne

[1] Leider fand sich unter diesem Material nur ein Exemplar eines jungen Weibchens.
[2] Wie bei jungen.

entscheide, kann ich zugleich behaupten, dass erstere Form fraglos mit der hier beschriebenen *Daphnia pamirensis* m. identisch ist. Die Identität beider Formen konnte schon an der Hand der Zeichnungen G. Werestschagin's (besonders Fig. 9) vermutet werden. Der von mir ausgeführte Vergleich mit den Präparaten von „*Daphnia tibetana*" (s. oben) lässt keine Zweifel übrig, dass G. Werestschagin unter diesem Namen eine *Daphnia* vom Pamir (Fangzeit und Fundort unbekannt) beschrieben hat, die mit *Daphnia pamirensis* m. identisch ist. Leider sagt G. Werestschagin nichts über die nahe Verwandtschaft dieser Form mit *D. psittacea* Baird und beschränkt sich auf den Vergleich mit *Daphniopsis tibetana* Sars,[1] einer Art, die mit *Daphnia pamirensis* sehr wenig zu tun hat und vor allem gar keinen Kiel besitzt. Ich berühre hier nicht die Frage über die Zugehörigkeit der *Daphniopsis tibetana* Sars zur Gattung *Daphnia* O. F. Müll. Trotz der Behauptung G. Werestschagin's (l. c., 1923) bleibt die Identifizierung beider Gattungen für mich problematisch. Genauer will ich diese Frage in einer besonderen Arbeit behandeln.

D. longispina var.

(Taf. I, Fig. 3—4)

Fundort: Probe № 1. Pfütze am Südufer des Rang-Kul, 29 IX.

Einzelne Exemplare, nur nicht geschlechtsreife Weibchen, deren genauere Determination nicht möglich ist.

Für das Pamirgebiet wird *D. longispina* von G. Sars (1903, *D. longispina* var.) und G. Werestschagin (1923, *D. longispina* var. *nasuta* Sars und var. indet.) angeführt. Im Tibet von G. Sars (1903, *D. long.* var. *caudata*) und E. Daday (1908, var. indet.) konstatiert.

Scapholeberis aurita (S. Fisch.)

(Taf. I, Fig. 19; Taf. II, Fig. 17)

Fundort: Probe № 9. Moränensee im Alaital, 3 VIII.

Zahlreiche Weibchen, alle ohne Embryonen im Brutraum. Die Exemplare sind vollständig identisch mit europäischen. Färbung sehr dunkel, fast schwarz.

Weder vom Pamir, noch vom Tibet ist *Scaph. aurita* bekannt. Für den Tibet führt E. Daday (1908) *Scaph. mucronata* O. F. Müll. an. Vertreter dieser Gattung wurden bisher auf dem Pamir nicht konstatiert.

Simocephalus vetulus (O. F. Müll.)

Fundort: Probe № 17. Moränensee im Alaital, 3 VIII.

Einzelne ♀♀ mit leerem Brutraum und Junge. Für das Pamirgebiet von G. Werestschagin (1923, Fluss Wrang, Fluss Murgab) angeführt, der ♀♀

[1] Teils auch mit *D. magna* Str.

mit parthenogenetischen Eiern feststellte (Anfang Juli). Junge *Simocephalus* fanden sich ebenfalls in der Probe № 9.

Macrothrix hirsuticornis Norm. & Br.

Fundort: Probe № 5. See Rang-Kul, Südufer, 29 IX, 5 ♀♀.
Probe № 12. Moränensee im Tal des Markan-Su, 4 VIII, 3 ♀♀.

Alle Weibchen mit leerem Brutraum. Für das Pamirgebiet von G. Werestschagin (1923, See Sor-Kul und See Kara-Kul) angegeben, der auch Weibchen mit parthenogenetischen Eiern fand. Für den Tibet von E. Daday (1908) angeführt.

Alona quadrangularis (O. F. Müll.)

(Taf. II, Fig. 3)

Fundort: Probe № 9. Moränensee im Alaital, 3 VIII.

Einzelne Weibchen mit parthenogenetischen Eiern und Weibchen mit leerem Brutraum; einzelne Männchen, ein Weibchen mit Ephippien.

Für das Pamirgebiet wird diese Art hier zum ersten Mal angeführt. G. Werestschagin (1923) gibt für den Fluss Murgab eine sehr nahestehende Art — *A. affinis* Leyd. (♀♀ ster.) an. Derselbe Autor hat für den Pamir ausserdem *A. rectangula* var. *rectangula* Sars und *A. rectangula* var. *karelica* Stenr. angegeben. Bei beiden Formen konstatierte er parthenogenetische Weibchen.

A. guttata Sars

Fundort: Probe № 5. See Rang-Kul, Südufer, 29 IX.

Gefunden 2 ♂♂, 1 ♀ mit Ephippium und 1 ♀ mit leerem Brutraum. Die Schale besitzt eine sehr schwach ausgeprägte Strichelung und ist stellenweise fast ganz glatt. Die Exemplare unterscheiden sich von typischen durch relativ grösseres Nebenauge.

Vom Pamir ist diese Art nicht bekannt, eine nahestehende Art — *A. costata* Sars (G. Sars 1903) wird aber angeführt. Aus dem Tibet bekannt (E. Daday 1908).

Rhynchotalona falcata (Sars)

Fundort: Probe № 9. Moränensee im Alaital, 3 VIII.

Ein ♀ (mit parthenogenetischen Eiern). Weder vom Pamir, noch vom Tibet bekannt.

Graptoleberis testudinaria (S. Fisch.)

Fundort: Probe № 9. Moränensee im Alaital, 3 VIII.

In ziemlicher Anzahl, einzelne ♀♀ mit parthenogenetischen Eiern, einzelne ♂♂ und ♀♀ mit Ephippien. Für das Pamirgebiet von G. Werestschagin

(1923, See Jaschil-Kul) angegeben, der auch parthenogenetische und ephippiale Weibchen und Männchen (August) konstatierte.

Alonella excisa (S. Fisch.)

Fundort: Probe № 9. Zusammen mit der vorhergehenden Art.

Zahlreich, nicht selten parthenogenetische und ephippiale Weibchen, vereinzelte Männchen. Diese Art war bisher weder vom Pamir, noch vom Tibet bekannt. Die Exemplare dieser, wie auch der vorhergehenden Arten der Familie *Chydoridae*, unterscheiden sich durch nichts von europäischen.

Pleuroxus aduncus (Jur.)

(Taf. II, Fig. 1—2)

Fundort: Probe № 3. Kleiner See im Tal des Dschir-Uj, 12 VIII.

Ein ♀ mit leerem Brutraum. Von der Zeichnung W. Lilljeborg's (1900, Taf. LXXV, Fig. 11) unterscheidet sich unser Exemplar nur durch vollständiges Fehlen der Zähnchen am hinteren Winkel der Valvulae testae. W. Lilljeborg (l. c., S. 543) bemerkt, dass bei dieser Art die Zahl der Zähnchen wechselt (1—3) und dass dieselben reduziert sein können.

Für den Pamir und Tibet wurde die Gattung *Pleuroxus* bisher nicht angegeben.

Chydorus sphaericus O. F. Müll.

Fundort: Probe № 5. See Rang-Kul, Südufer, 29 IX, 1 ♀ ster.
Probe № 7. Sümpfe bei Ksil-Tukoj, 19 VIII, wenig, ♀♀ ster.
Probe № 9. Moränensee im Alaital, 3 VIII, in ziemlicher Anzahl ♀♀ ster., wenige ♀♀ mit parthenogenetischen Embryonen.
Probe № 10. See Schor-Kul, 19 IX, 1 ♀ ster.
Probe № 13. See Schor-Kul, 19 IX, einzelne ♀♀ ster.
Probe № 14. Pfütze am Kokuj-Bel-Su, 14 IX, einzelne ♀♀ ster., 1 ♂.
Probe № 17. Moränensee im Alaital, 3 VIII, einzelne ♀♀ ster.

Von sieben Proben enthält nur eine (№ 9) Weibchen mit parthenogenetischen Embryonen. Für das Pamirgebiet wurde *Ch. sphaericus* von G. Werestschagin (1923, See Kara-Kul, See Sor-Kul, See Jaschil-Kul, Fluss Murgab, Fluss Wrang) angeführt. Dieser Autor konstatierte Männchen und parthenogenetische Weibchen Ende Juni und im August (parthenogenetische ♀♀ auch Anfang Juli). Das Vorhandensein von ♂♂ schon am Anfang des Juni macht die Annahme dieses Autors, dass *Ch. sphaericus* auf dem Pamir schon

n der ersten Generation Sexualindividuen erzeugt, sehr wahrscheinlich. Das Vorkommen von ♂ im September weist offenbar deutlich auf eine Erweiterung ler geschlechtlichen Periode hin, die hier, im Gegensatz zur parthenogeneischen, vorherrscht. Für den Tibet wird diese Art von E. Daday (1908) angegeben.

COPEPODA

Diaptomus bacillifer Koelb.

(Taf. II, Fig. 4 — 14)

Fundort: Probe № 5. See Rang-Kul, Südufer, 29 IX, einzelne ♀♀, ♂♂ ad. und juv.
Probe № 9. Moränensee im Alaital, 3 VIII, 1 ♀ ad.
Probe № 10. See Schor-Kul, 19 IX, einzelne ♀♀, ♂♂ ad. und juv.
Probe № 12. Kleiner Moränensee im Tal des Markan-Su, 4 VIII, in ziemlicher Anzahl ♀♀, ♂♂ ad., selten juv.
Probe № 13. See Schor-Kul, 19 IX, in ziemlicher Anzahl ♀♀, ♂♂ ad. und juv.
Probe № 19. Teichartiges Gewässer am Nordostufer des Sees Kara-Kul, 18 VII, zahlreiche ♀♀, ♂♂ ad. und juv.

D. bacillifer gehört zu den sehr veränderlichen Arten. Eine vergleichend-morphologische Untersuchung der Populationen dieser Art an verschiedenen Orten Eurasiens ist bisher nicht durchgeführt worden, und die taxonomische Bedeutung der einzelnenen Formen bleibt unklar. In systematischer Hinsicht ist die Arbeit von O. Schmeil (1893) sehr wichtig. Dieser Autor untersuchte typische *D. bacillifer* (Koelbel's Material), sowie das Originalmaterial der nahestehenden Formen *D. montanus* Wierz. und *D. alpinus* Imh. Auf Grund dieser Arbeit kann gegenwärtig konkret von zwei Formen des *D. bacillifer* gesprochen werden: 1) die typische Form dieser Art, 2) var. *alpinus* (Imh.). Mit letzterer Form kann *D. montanus* Wierz. als identisch angesehen werden.

Unser Material enthält beide Formen. Die Exemplare aus Probe № 12 müssen zur typischen Form gerechnet werden. Die Männchen sind mit einem Kutikularvorsprung an der dorsalen Fläche des Exp. der rechten Extremität des 5. Paares versehen (Taf. II, Fig. 11—12 und 13—14). Länge (ohne Kaudalborsten) des Weibchens 2.4—2.6 *mm*, des Männchens — 2.0—2.3 *mm*. Eine sehr grosse Form. Wahrscheinlich gehört zur f. *typica* auch das einzige Exemplar (Weibchen, Länge ohne Kaudalborsten circa 2.5 *mm*) aus Probe № 9. Die Population vom See Rang-Kul (Probe № 5, Taf. II, Fig. 7—10) gehört zur var. *alpinus*. An der dorsalen Fläche des Exp. II der rechten

Extremität des 5. Paares (♂♂) kein Kutikularvorsprung. Ein solcher Vorsprung fehlt (wie auch bei den Exemplaren aus Probe № 12) auch in der Nähe der Basis des Seitendorns dieses Gliedes; dieser Vorsprung wurde bei var. *alpinus* von O. Schmeil (l. c., 1893, Taf. I, Fig. 7, a — b, Exemplare vom Lünersee) konstatiert. Ich habe jedoch überhaupt mehrfach Exemplare von *D. bacillifer* var. *alpinus* gefunden, denen auch dieser Vorsprung fehlte. Die Weibchen vom See Rang-Kul erreichen eine Länge von 1.7—2.0 *mm* (ohne Kaudalborsten), sind also kleiner als die Weibchen aus Probe № 12. Die Population vom See Schor-Kul (Proben № 10 und 13, Taf. II, Fig. 4—6) gehört ebenfalls zur var. *alpinus*. Neben dem Seitendorn findet sich bei den Männchen dieser Population meist ein mehr oder weniger ausgeprägter kleiner Kutikularvorsprung. Bei einiger Exemplaren aus diesem See konnte ich diesen Vorsprung, trotz aufmerksamster Untersuchung des Exp. II in verschiedenen Lagen, nicht entdecken, während der Vorsprung an der dorsalen Fläche dieses Gliedes beständig fehlt. Die Länge der Exemplare vom See Schor-Kul: Weibchen mit Kaudalborsten 2.0—2.1 *mm*, Männchen 1.9—2.0 *mm*, Weibchen ohne Kaudalborsten 1.7—1.8 *mm*, Männchen—1.6—1.7 *mm*. Die Weibchen aus Probe № 19 (Teichartiges Gewässer am See Kara-Kul) haben eine Länge von 2.2—2.5 *mm* (mit Kaudalborsten) und 2.0—2,2 *mm* (ohne solchen), die Männchen—2.0—2.1 *mm* (mit Kaudalborsten) und 1.6—1.7 (ohne solchen). Das vollständige Fehlen des Kutikularvorsprungs am Exp. II der rechten Extremität des 5. Paares der Männchen veranlasst uns die Population der Probe № 19 ebenfalls zur var. *alpinus* (Imh.) zu stellen. Auf dem Pamir kommen also *D. bacillifer* var. *typicus* und *D. bacillifer* var. *alpinus* vor; beachtet werden muss der Umstand, dass beide Formen nicht gemeinsam in ein und demselben Gewässer angetroffen wurden, wobei var. *alpina* sowohl in grossen Gewässern (Rang-Kul, Schor-Kul), als auch in einem teichartigen kleinen Gewässer erbeutet wurde.

D. bacillifer s. lat. ist aus vielen Gegenden des asiatischen Russlands, bis Turkestan einschliesslich, bekannt. Mehrfach wurde die Art in Brackwasserseen (z. B. im Steppengebiet Sibiriens) angetroffen. Im besonderen wurde die var. *alpinus* für den See Teletzkoje und den Fluss Tschulyschman im Altai angeführt (G. Sars, 1903, als var. *montanus* angeführt) und das Janagebiet (G. Sars, 1898, die Zugehörigkeit zur var. *alpinus* ist aus Taf. VII, Fig. 11 dieser Arbeit ersichtlich, was durch meine eigenen Untersuchungen des von G. Sars[1] bestimmten Materials aus diesen Gegenden seine Bestätigung fand) angeführt. Wahrscheinlich sind auf den Neu-Sibirischen Inseln beide Formen verbreitet, und eine Reihe von Angaben über *D. bacillifer* für den asiatischen Teil unseres Landes, in denen die var. nicht erwähnt wird, bezieht sich ebenfalls teilweise auf var. *alpinus*. Der von W. Lepeschkin

[1] Das Material befindet sich im Zoologischen Museum der Akademie der Wissenschaften.

(1900) angegebene[1] *D. bacillifer* var. *alpinus* (Akmolinsk-Gebiet) gehört, nach den Zeichnungen dieses Autors (l. c., Taf. II, Fig. 3) zu urteilen, wohl kaum zu dieser Varietät (sehr breites Exp. II der rechten Extremität des 5. Paaren des ♂).

Für das Pamirgebiet wird *D. bacillifer* (ohne Angabe der Varietät) von G. Werestschagin (1923, See Kara-Kul, Fluss Murgab) und für den Tibet von G. Sars (1903) angeführt.

In den südlichen Teilen seines Verbreitungsgebiets innerhalb des asiatischen Russlands (wie auch im europäischen Teil der USSR: Kaukasus), ungefähr zwischen 40—37° nördlicher Breite, kommt *D. bacillifer* nur in Hochgebirgsgewässern (3 000—4 000 *m* über dem Meeresniveau) vor. Unsere Befunde zeigen, dass dort beide Formen anwesend sind.

Es sei bemerkt, dass bei den Männchen des *D. bacillifer* vom Pamir der Kutikularvorsprung am vorderen Teil der dorsalen Fläche des Basale II am rechten Bein des 5. Paares (s. vor allem Fig. 5 und 14, Taf. II) vorzüglich ausgebildet ist und dass die Umrisse der durchsichtigen Lamellen an den Innenrändern des Basale II beider Beine dieses Paares innerhalb der Grenzen ein und desselben Gewässers stark variieren.

D. paulseni Sars

(Taf. III, Fig. 1—6)

Fundort: Probe № 11. See Kara-Kul, Ostufer, 8 VIII, 1 ♂.
Probe № 15. See Kara-Kul, Lagune am Nordufer, 10 VIII, einzelne ♀♀ ad. und juv., selten ♀♀ mit befestigten Spermatophoren.
Probe № 18. See Kara-Kul, Ostufer, 15 VII, ♀♀ u. ♂♂ ad. in Menge, oft juv.

In allen drei Proben hat *D. paulseni* eine lebhaft orangerote Färbung beibehalten. Von G. Sars' Beschreibung (1903, S. 214—215, Taf. XV, Fig. 1,a—f) unterscheiden sich unsere Exemplare durch folgende Merkmale. Am 5. Beinpaar des Männchens: 1) dorsale Fläche des Vorderteils vom Basale II des rechten Beines in der Nähe des Innenrandes mit einem gebogenen plattenförmigen Fortsatz (Taf. III, Fig. 4), der bei G. Sars (l. c. Taf. XV, Fig. 1,f) nicht abgebildet und in der Diagnose dieses Autors nicht erwähnt ist; 2) Seitendorn des Exp. II desselben Beines nicht gerade, wie auf G. Sars' Zeichnung, sondern stark gebogen (Taf. III, Fig. 5—6); 3) die Dörnchen am Innenrande des Seitendorns unserer Exemplare wenig zahlreich und verhältnismässig dünn, während sie nach G. Sars grösser sind und

[1] In dieser Arbeit gibt W. Lepeschkin für *D. bacillifer* var. *typicus* und var. *alpinus* widersprechende Fundortsangaben (vergl. l. c., S. 22 und S. 24).

eine dichte Reihe in der Art eines Kammes bilden; 4) hinterer Teil des Aussenrandes des Exp. II am rechten Bein unweit der Basis des Greifhakens mit 1—2 abgerundeten durchsichtigen kleinen Fortsätzen, die G. Sars nicht erwähnt.

Die Weibchen zeigen folgende Unterschiede: 1) rechts bildet das Genitalsegment eine stärkere Konvextität als links, 2) die Sinnesdorne dieses Segments etwas kürzer, als in G. Sars' Abbildung (Taf. XV, Fig. 1, d).

D. paulseni wurde von G. Sars auf dem Pamir in den Seen Kara-Kul und Jaschil-Kul und einer Pfütze auf dem Bergpass Chargosch konstatiert. Aus welchem von diesen Gewässern die Exemplare stammen, die G. Sars als Material für seine Diagnose dienten, ist unbekannt. Im Zoologischen Museum der Akademie der Wissenschaften befindet sich das Material von *D. paulseni* vom Pamir,[1] das von G. Sars selbst bestimmt ist. Diese Exemplare sind folglich typisch. Die von mir ausgeführte Untersuchung dieser Exemplare zeigte, dass alle oben angegebenen Merkmale, die von der Diagnose G. Sars' abweichen, de facto auch dem typischen *D. paulseni* eigentümlich sind. Das Abweichen unserer Befunde von denjenigen G. Sars' erklärt sich zweifellos einfach durch die nicht genügend detaillierte Beschreibung dieses Autors. Der Charakter der Bewaffnung des Seitendorns (Exp. II des rechten Beines des 5. Paares) variiert bei allen Exemplaren vom See Kara-Kul (Probe № 18) im allgemeinen wenig. Unter den typischen Exemplaren (det. G. Sars) fand ich jedoch Männchen mit genau der gleichen Bewaffnung des Seitendorns, wie auf unseren Fig. 5—6; ausserdem fand ich unter diesem Material Männchen mit gebogenem Seitendorn, wobei es sich erwies, dass der Grad dieser Krümmung und die Zahl und Grösse der Dörnchen an seinem Innenrand merklich variieren.

Exemplare aus der Mongolei (See Kendykty-Gol, circa 90° östl. L. und 50° nördl. Br., s. W. Rylov, 1923) sind mit denen vom See Kara-Kul vollständig identisch. Die oben angeführten Befunde sind also eine Ergänzung zur Beschreibung G. Sars' und widersprechen letzterer keineswegs. Zugleich wird die systematische Stellung des *D. paulseni*, der von E. Daday (1908, S. 327, Fig. 2, a—b) vom Tibet (Gyantse und Rham-tso, 4000—4500 *m* über dem Meeresniveau) beschrieben worden ist, geklärt. Der Vergleich unserer Zeichnungen mit der Zeichnung 2, b dieses Autors beweist, dass *D. paulseni* vom Tibet mit demjenigen vom Pamir ganz identisch ist. Auf Fig. 2, a bildet E. Daday (l. c., 1908) eine Reihe sehr kleiner Dörnchen am Ende des äusseren Randes des 3. (vom Ende gerechnet) Gliedes der Greifantenne ab. Die Untersuchung des von G. Sars bestimmten Materials zeigt, dass gewöhnlich statt dieser Dörnchen eine sehr kleine, sogar unter sehr

[1] Leider findet sich auf der von G. Sars geschriebenen Etikette keine Angabe über das Gewässer.

starker Vergrösserung nur mit Mühe erkennbare durchsichtige Lamelle sich befindet. Bei manchen Exemplaren dieses Materials zeigt sich die Lamelle in mehrere kleine durchsichtige Partien geteilt, die den von E. Daday abgebildeten Dörnchen durchaus gleichen. Es ist wohl kaum daran zu zweifeln, dass es sich in beiden Fällen um das gleiche Gebilde handelt. Die kurze Beschreibung E. Daday's (l. c.) entspricht genau unseren Angaben, sowol über die Pamir-, als auch über die mongolischen Exemplare. Kürzlich hat V. Brehm (1924), auf den Differenzen zwischen den Angaben von E. Daday und G. Sars fussend, den tibetanischen *D. paulseni* als selbtständige Art — *D. stewartianus* Brehm — abgetrennt. Aus obenstehendem erhellt, dass für die Aufstellung einer besonderen Art für den Tibet kein Grund vorliegt. Im Gegenteil liegt in diesem Fall sogar keine Möglichkeit vor, über zwei geographisch isolierte Varietätan zu reden, und es darf die volle Identität der *D. paulseni* vom Pamir, aus der Mongolei und vom Tibet behauptet werden. *D. paulseni* ist einstweilen auf dem Pamir (G. Sars 1903, See Kara-Kul, See Jaschil-Kul, Pfütze auf dem Pass Chargosch), im Tibet (E. Daday 1908) und in der Mongolei (W. Rylov 1923) konstatiert. Alle diese Fundorte liegen hoch über dem Meeresniveau (3700—5000 *m*). Als fraglich wurde von mir *D. paulseni* aus der Mandschurei beschrieben (W. Rylov 1923, Teich in der Umgegend von Charbin), wo 1 ♀, leider mit fehlendem 5. Beinpaar, gefunden wurde, weshalb die Bestimmung als nicht ganz sicher anzusehen ist. Der Bau und die Bewaffnung des hinteren Cephalothoracalsegments und des Genitalsegments beim mandschurischen Exemplar unterscheiden sich in nichts von *D. paulseni* vom Pamir, abgesehen von einer geringen Differenz in der Länge der Sinnesdorne des hinteren Cephalothoracalsegments. Zur definitiven Klärung der Frage über das Vorkommen von *D. paulseni* in der Mandschurei ist neues Material erforderlich. Wenn sich dieses Vorkommen bestätigt, so ist es wohl kaum möglich, *D. paulseni* als Hochgebirgsform anzusehen.

Diaptomus sp.

(Taf. II, Fig. 16)

In der Probe № 4 (See Kara-Kul, 8 VIII) wurde ein *Diaptomus*-Weibchen in stark deformiertem Zustand mit fehlendem 5. Beinpaar gefunden. Eine genaue Determination ist unmöglich. Wie Tab. II, Fig. 16 zeigt, fehlt links am Genitalsegment der Sinnesdorn. Es ist sehr möglich, dass letzterer einfach abgebrochen ist und dass dieses Exemplar zu *D. paulseni* Sars gehört. Stark deformierte, nicht zu bestimmende Exemplare von *Diaptomus* wurden auch in der Probe № 6 gefunden. Nur junge *Diaptomus* fanden sich in der Probe № 2 (See Kara-Kul) und № 16 (ebendaselbst); es ist sehr möglich, dass auch diese jungen Individuen zu *D. paulseni* Sars gehören.

Paradiaptomus asiaticus (Uljan.)

(Taf. II, Fig. 15; Taf. III, Fig. 7—10)

1875. *Diaptomus asiaticus* Uljanin. Crustacea, S. 23—24, Taf. VI, Fig. 1—10.
1903. *Diaptomas asiaticus* Sars. On the Crustacean-Fauna of Central Asia, pp. 203—205, pl. XII, fig. 1, a—h.

Fundort: Probe № 2. See Kara-Kul, 7 VIII, 1 ♂ (defektes Exemplar).
Probe № 18. See Kara-Kul, 15 VII, zahlreich ♀♀ und ♂♂ ad., oft juv. Färbung beider Geschlechter hellgrau.

Diese Form wurde bekanntlich bisher zur Gattung *Diaptomus* Westwood gezählt. In neuer Zeit hat Fr. Kiefer (1928) eine Reihe Arten dieser Gattung (z. B. *D. colonialis* Douwe, *D. meridianus* Douwe) zur Gattung *Paradiaptomus* Sars gestellt, weil bei diesen Arten das erste Schwimmfusspaar am äusseren Rand des distalen Gliedes des Exp. zwei Dorne trägt und nicht einen, wie bei der Gattung *Diaptomus.* Zur Gattung *Paradiaptomus* gehört eine ganze Reihe von Arten, wobei manche von diesen eine Kombination von Merkmalen offenbaren, die von der Gattung *Diaptomus* abweichen, während andere Arten eine Reihe mit dieser Gattung gemeinsamer Kennzeichen aufweisen. Zur Unterscheidung beider Gattungen ist die Anwesenheit zweier Dorne am Aussenrand des Exp. III des ersten Beinpaares bei der Gattung *Paradiaptomus* und nur eines Dorns bei *Diaptomus* als durchaus zuverlässiges Merkmal anzusehen.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass ein anderes zuverlässiges Merkmal in der Asymmetrie im Bau und der Bewaffnung der Kaudalborsten des Männchens (bei einigen Arten auch des Weibchens) bei der ersten Gattung besteht. Es ist anzunehmen, dass bei einer sorgfältigen Revision aller *Paradiaptomus* Arten dieses Merkmal bei allen Arten aufgefunden werden wird, denen das erste der obenangegebenen Merkmale zukommt.

Was die übrigen Merkmale anbelangt (zweigliedriges Abd. ♀, Längenverhältnis des Exp. und Enp. der Hinterantennen, Grösse und Struktur der distalen Partie der hinteren Maxillarbeine, Tendenz zur Rudimentation des Enp. des linken 5. Beines des ♂), so finden wir hier innerhalb der Gattung *Paradiaptomus* alle Übergänge zur Gattung *Diaptomus.* Bei einigen Formen sind alle diese Merkmale, bei Anwesenheit der zwei obenangegebenen, in voller Kombination deutlich ausgeprägt, bei anderen Formen nur teilweise, bei dritten sind alle diese Merkmale, wie bei der Gattung *Diaptomus,* ausgebildet und nur die Bewaffnung des Exp. III des ersten Beinpaares, sowie die Asymmetrie der Kaudalborsten,[1] weist auf die Zugehörigkeit zur Gattung *Paradiaptomus* hin.

[1] Wie oben bemerkt, ist diese Asymmetrie höchst wahrscheinlich allen Arten der Gattung *Paradiaptomus* eigen.

Bei Annahme der Systematik der Gattung *Paradiaptomus* im Sinne Fr. Kiefer's (l. c.) erweitern wir den Umfang der Gattung bedeutend. Trotz dieser Erweiterung schliesse ich mich Fr. Kiefer an und stelle zusammen mit ihm die Bewaffnung des Exp. III des ersten Beinpaares als Hauptkriterium zur Unterscheidung der Gattungen *Paradiaptomus* und *Diaptomus* in den Vordergrund. Innerhalb der Gattung *Paradiaptomus* s. lat. lassen sich zugleich zwei Hauptgruppen von Arten andeuten. Zur ersten Gruppe gehören hochdifferenzierte Formen, die durch eine ganze Kombination der obenangegebenen Merkmale charakterisiert werden; hierher gehören z. B. *Par. falcifer* (Lov.) und *Par. gurneyi.* Zur zweiten Gruppe gehören Formen, die durch eine Reihe von Merkmalen sich der Gattung *Diaptomus* nähern und gleichsam ein Bindeglied zwischen beiden hier betrachteten Gattungen bilden. Hierher gehören z. B. *Par. chevreuxi* G. et Rich., *Par. meridianus* Douwe und einige andere. Offenbar sind diese zwei Gruppen in zoogeographischer Hinsicht nicht gleichwertig. Die erste Gruppe gehört hauptsächlich dem ausserpalaearktischen Teil Afrikas an, während die zweite hauptsächlich palaearktisch ist (der palaearktische Teil Afrikas, Südeuropa — cirkummediterrane Verbreitung).

Diaptomus asiaticus Uljan. muss zweifellos zur Gattung *Paradiaptomus* s. lat. gestellt werden. Davon überzeugt uns schon Fig. 9 der Taf. VI in W. Uljanin's Arbeit (1875), wo am Aussenrand des Exp. III des ersten Paares der Schwimmbeine deutlich zwei Dorne abgebildet sind. Die Untersuchung der von G. Sars beschriebenen Exemplare (1903, das Material befindet sich im Zoologischen Museum der Akademie der Wissenschaften) hat gezeigt, dass die Anwesenheit zweier Dorne am Aussenrand des Exp. III des ersten Schwimmbeinpaares ein durchaus konstantes Merkmal ist, welches zudem sowohl Weibchen als Männchen zukommt. Das Material vom See Kara-Kul, welches hier beschrieben wird, bestätigt die volle Konstanz dieses Merkmals (s. Taf. III, Fig. 9—10). Andererseits zeigt sich auch die Asymmetrie im Bau und der Bewaffnung der Kaudalborsten des Männchens als konstantes Merkmal, obwohl diese Asymmetrie in recht verschiedenem Grade ausgeprägt sein kann. Die übrigen Merkmale entsprechen der Gattung *Diaptomus* Westwood. Charakteristisch ist die Reduktion des Enp. des linken Beines des 5. Paares beim Männchen. Bei *Par. asiaticus* findet sich im hinteren Teil des Basale II dieses Beines ein mit dem Glied verschmolzener kleiner fingerförmiger Auswuchs, der als Rudiment des Endopodits angesehen werden kann. Bemerkt sei, dass eine sehr starke Reduktion des letzteren, wenn auch selten, auch innerhalb der Grenzen der Gattung *Diaptomus* s. str. zu bemerken ist. *Par. asiaticus* (Uljan.) gehört also, wie zu erwarten war, zur zweiten Gruppe der Arten der Gattung *Paradiaptomus,* — zu den Formen, die sich durch eine ganze Reihe der Merkmale an die Gattung *Diaptomus* Westwood anschliessen. Beim Vergleich der Exemplare von *Par. asiaticus* vom Pamir

mit solchen aus dem Steppengebiet Centralasiens sind keine Unterschiede zu bemerken.

Die Verbreitung von *Par. asiaticus* (Uljan.) beschränkt sich auf Asien und den äussersten süd-östlichen Teil des europäischen USSR. Er ist aus einem austrocknenden See aus der Kzil-Kum-Steppe bekannt (W. Uljanin 1875), aus einer Reihe Brackwassergewässer des Sibirischen Steppengebiets (G. Sars 1903), aus der Mongolei und China (E. Daday 1901) und aus dem Gouv. Astrachan (A. Behning und N. Medwedewa, 1926, schwach brackige Pfützen am Ufer des Baskuntschak-Sees). Höchst wahrscheinlich ist *Par. asiaticus* ein typischer Halobiont. Der Pamir-Fundort bezieht sich ebenfalls auf ein brackiges Gewässer (Kara-Kul) und ist in der Hinsicht interessant, weil er beweist, dass diese Art sehr hoch in die Gebirgszone hinaufsteigen kann. Indirekt weist das auf den hohen Grad der Eurythermie dieser Art hin.

Cyclops strenuus S. Fisch.

1851. *C. strenuus* S. Fisch., Bull. Soc. Nat. Moscou, vol. XXIV, p. 419, pl. IX, figs. 12—21.
1913. *C. strenuus* Sars. An account of Crustacea of Norway, p. 32—33, pl. XVI.

Fundort: Probe № 10. See Schor-Kul, 19 IX, einzelne ♀♀ und ♂♂ ad.
Probe № 13. See Schor-Kul, 19 IX, 1 ♀ ad.
Probe № 15. See Kara-Kul, Lagune am Nordufer, 10 VIII, elnzelne ♀♀ ad.
Probe № 19. Teich am nordöstlichen Ufer des Kara-Kul, 18 VII, einzelne ♀♀ ad.

Junge aus der Gruppe des *strenuus* auct. wurden in Probe № 11 (Kara-Kul, 8 VIII) vereinzelt festgestellt; genaue Determination nicht ausführbar.

Die Exemplare vom Pamir unterscheiden sich in nichts von der typischen Form dieser Art aus dem europäischen Russland.

Für das Pamirgebiet von G. Sars (1903) und G. Werestschagin (1922) angegeben, für Tibet von G. Sars (1903) und E. Daday (1908). Eine Reihe Angaben liegen für verschiedene Orte in der Niederung des asiatischen Teils von USSR vor, ein Teil derselben bezieht sich wahrscheinlich auf die nahestehenden Arten *C. scutifer* Sars und *C. vicinus* Uljan.

C. viridis Jur. var. *gigas* (Cls.)

Fundort: Probe № 4. See Kara-Kul, 8 VIII, 1 ♀ ad. (Länge ohne Kaudalborsten circa 3.5 *mm*).
Probe № 11. See Kara-Kul, 8 VIII, einzelne nicht ganz geschlechtsreife Weibchen. Länge ohne Kaudalborsten 2.8—3.4 *mm*. Gehört, nach der Dimension zu urteilen, ebenfalls zu dieser Varietät.

Für das Pamirgebiet wurde *C. viridis* Jur. (ohne Angabe der Varietät) on G. Werestschagin (1923), für Tibet (ebenfalls ohne Angabe der /arietät) von E. Daday (1908) angegeben. Kosmopolitische, in Eurasien veit verbreitere Art. Var. *gigas* ist für den asiatischen Teil von USSR, für las Ussurigebiet (W. Rylov 1925, Umgebung von Nikolsk-Ussurijskij), für len See Tschany in der Baraba-Steppe (O. Zwerewa 1927), für die Neu-Sibirischen Inseln und den See Alassir im Bassin des Chatanga-Flusses (W. Rylov 1928) angeführt.

C. bicuspidatus Cls. var. *odessanus* (Schmank.)

Fundort: Probe № 10. See Schor-Kul, 19 IX, 1 ♀ ad.

Das erbeutete Exemplar ist mit genannter Form aus der Bucht Enzili (W. Rylov 1928) volkommen identisch. Für das Pamirgebiet wird *C. bicuspidatus* hier zum ersten Mal angeführt; auch aus dem Tibet unbekannt. Aus dem asiatischen Russland wurde bisher die typische Form dieser Art angeführt. Die angeführte Varietät ist für brackige Kontinentalgewässer charakteristisch.

C. serrulatus S. Fisch.

Fundort: Probe № 4. See Kara-Kul, 8 VIII, einzelne ♀♀ ad.

Eine der var. *proximus* Lill. nahestehende Form. Für das Pamirgebiet wurde eine nahe verwandte Art — *C. macruroides* Lill. (G. Werestschagin 1923) angegeben, für Tibet von E. Daday (1908) angeführt. In ganz Eurasien weit verbreitete, kosmopolitische Art. In hohem Grade Ubiquist; wurde mehrfach für kontinentale brackige Gewässer angeführt.[1]

Canthocamptus staphylinus Jur.

Fundort: Probe № 2. See Kara-Kul, 7 VIII, 1 ♀ ad.

Weit verbreitete Art; im asiatischen Russland (im Ussurigebiet, im Fluss Syr-Darja und Amu-Darja) aufgefunden, aber zweifellos viel weiter, bis zum äussersten Norden Sibiriens einschliesslich, verbreitet. Für Pamir und Tibet nicht angeführt.

C. northumbricus Brady

Fundort: Probe № 14. Pfütze am Kokuj-Bel-Su, 14 X, 1 ♀ ad.

Für Pamir und Tibet nicht angegeben. Unsere Exemplare sind mit den von mir aus der Bolschesemelskaja Tundra beschriebenen (W. Rylov 1918) durchaus identisch.

[1] *Cyclops* juv. wurden in den Proben № 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9 und 11 festgestellt. Ihre Bestimmung war nicht möglich.

CITIERTE LITERATUR

Baird, W. The natural history of the british Entomostraca, London, Ray Society, 1850.

Behning, A., u. Medwedewa, N. Über die Mikrofauna der Gewässer der Umgebung des Elton- und Baskuntschaksees. Berichte d. Wiss. Inst. f. Heimatkunde an d. unteren Wolga, Bd. I, Saratov, 1926. (Russisch mit deutscher Zusammenfassung.)

Brehm, V. Diagnosen neuer Entomostraken, III. Teil. Anz. d. Akad. d. Wiss., Wien, 1924.

Daday, E. Beiträge zur mikroskopischen Süsswasserfauna Ungarns. Termeszetr. Füzetek, vol. XIV, 1891.

Daday, E. Mikroskopische Süsswassertiere. Zool. Ergeb. d. 3. Asiat. Forschungsreise v. Zichy. Bd. I, II, 1901.

Daday, E. Entomostraca et Hydrachnida e Tibet. Records Ind. Mus. Calkutta, vol. II, 1908.

Doeksbach, N. Die planktische Tierwelt der kaukasichen Hochgebirgsseen. Verhandl. d. Intern. Vereinigung f. theor. und angew. Limnologie, I, Kiel, 1923.

Ekman, S. Die Phyllopoden, Cladoceren und freilebenden Copepoden der nord-schwedischen Hochgebirge. Zool. Jahrb. Abt. für Syst., Bd. XXI, 1904, H. 1.

Kiefer, Fr. Beiträge zur Copepodenkunde (VIII). Zool. Anz., Bd. LXXVI, 1928, H. 1/2.

Lepeschkin, W. Zur Copepodenfauna des Gebietes von Akmolinsk. Journ. de la Sect. Zool. de la Soc. des Amis des Sc. Natur., d.'Antrop. et d'Ethn., vol. III, Moscou, 1900, № 1. (Russisch.)

Lilljeborg, W. Cladocera Sueciae. Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsaliensis, 1900.

Olofsson, O. Studien über die Süsswasserfauna Spitzbergens etc. Zool. Beitrag fran Uppsala, Bd. VI, 1918.

Richard, J. Révision des Cladocères, II partie. Ann. Sciences Naturelles, sér. 8, vol. 2, 1896.

Rylov, W. Matériaux pour servir à la fanne des Copepodes libres des eaux douces de la Russie septentrionale, II partie. Ann. du Mus. Zool. de l'Acad. des Sciences de Russie, vol. XXIII, 1918, № 1.

Rylov, W. Zur Fauna der Crustaceen-Eucopepoden von Mandzhuria. Ibidem, vol. XXIV, 1923. (Russisch, Diagnosen der neuen Arten englisch.)

Rylov, W. Zur Copepoden-Fauna des äussersten Ostens. Zool. Anz., Bd. LXIII, 1925, H. 11/12.

Rylov, W. Zur Eucopepoden-Fauna von Kaukasus, Transkaukasien und Nord-Persien. Trav. de la Stat. Biol. du Caucase du Nord, vol. II, 1928, fasc. 2—3. (Russisch, mit deutscher Zusammenfassung.)

Rylov, W. Contribution à la faune des Copépodes libres d'eau douce de la Sibérie septentrionale. Trav. de la Comission pour l'étude de la Républ. Auton. Sovjét. Soc. Jakoute. t. XI, Leningrad, Acad. d. Sciences, 1928. (Russisch.)

Sars, G. The Cladocera, Copepoda and Ostracoda of the Jana-Expedition. Ann. du Mus. Zool. de l'Acad. des Sciences de Russie, vol. III, Leningrad, 1898.

Sars, G. On the Crustacean-Fauna of Central-Asia. Ibidem, vol. III, 1903.

Schmeil, O. Copepoden des Rhätikon-Gebirges. Abh. d. naturf. Ges. zu Halle, Bd. XIX, 1893.

Uljanin, W. Crustacea. Forschungsreise von A. P. Fedtschenko nach Turkestan, Bd. II, Th. III, Moskau, 1875. (Russisch, Diagnosen der neuen Arten lateinisch.)

Werestschagin, G. Über die Veränderungen der cyclischen Fortpflanzung bei Cladoceren etc. Sitzungsber. d. Naturforsch. Ges. d. Univ. Warschau, XXIII, 1911. (Russisch.)

Werestschagin, G. Notiz über die Süsswasserfauna des Pamirs. Bull. de l'Institut Hydrol. de Russie, 1923, № 6. (Russisch, mit deutscher Zusammenfassung.)

Zwerewa, O. Die quantitative Untersuchung und die biologische Charakteristik des Zooplanktons des Sees Tschany. Arbeiten d. Sibirischen Ichthyol. Laboratoriums (Krasnojarsk), Bd. II, 1927, H. 4. (Russisch.)

Zograff, N. Phyllopodenstudien. Zeitschr. f. Wiss. Zool., Bd. 86, 1907.

В. М. РЫЛОВ

ВЕТВИСТОУСЫЕ И ВЕСЛОНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ

Резюме

В Зоологический музей Всесоюзиой Академии Наук был передаи для обработки иебольшой планктонный материал, собраииый в 1928 г. Н. П. Горбуиовым во время Памирской экспедиции. Обработка этого материала была поручеиа мие.

Материал состоит из 19 проб планктона, собраниых в июле-сентябре. Повидимому, при перевозке пробы подверглись большой тряске, так как почти во всех пробах попадались дефектиые экземпляры *Entomostraca,* а также и их фрагмеиты (аитеииы *Diaptomus,* плавательиые коиечиости *Cyclops* и *Diaptomus* и пр.). Материалы особеиио пострадали в виду того обстоятельства, что пробы, повидимому, ие были иалиты до отказа. Несмотря иа эти дефекты, материал оказался вполне пригодиым для определения.

Рассматриваемая плаиктоиная коллекция состоит из следующих проб:

№ 1 (128). Мелкие лужи на берегу оз. Ранг-куль, 29 IX; 3 750 *м*.
№ 2 (25). Оз. Кара-куль, восточный берег у рабата, 7 VIII; 4 000 *м*.
№ 3 (37). Маленькое озеро а долине р. Джир-уй, а 12 *км* от оз. Кара-куль, 12 VIII; 4 000 *м*.
№ 4 (29). Оз. Кара-куль, 150 *м* от восточного берега, на поверхности, 8 VIII; 4 000 *м*.
№ 5 (127). Оз. Ранг-куль,[1] южный берег, 29 IX; 3 750 *м*.
№ 6 (40). Оз. Кара-куль, севернее полуострова, у поверхности, 11 VIII; 4 000 *м*.
№ 7 (60). Болотца близ Каил-тукоя в дол. Танымаса, 19 VШ; 3 000 *м*.
№ 8 (129). Мелкие лужи на южном берегу оз. Ранг-куль, 29 IX; 3 750 *м*.
№ 9 (8). Моренное озеро в Алайской долине, перед спуском к Бор-доба, 3 VIII; 3 200 *м*.
№ 10 (168). Оз. Шор-куль, на поверхности, 19 IX[2]; 3 750 *м*.
№ 11 (30). Оз. Кара-куль, драга, 150 *м* от восточного берега, 8 VIII; 4 000 *м*.
№ 12 (12). Моренное озерко в долине Маркан-су близ подъема на пер. Каил-арт, 4 VIII; 4 230 *м*.
№ 13 (167). Оз. Шор-куль, 19 IX; 3 750 *м*.
№ 14 (166). Лужа, Кокуй-бель-су, 14 IX; 3 800 *м*.
№ 15 (38). Оз. Кара-куль, лагуна у северного берега, дно, 10 VIII; 4 000 *м*.
№ 16 (39). Оз. Кара-куль, 30 *м* западнее полуострова, на поверхности, 11 VIII; 4 000 *м*.
№ 17 (9). Моренное озеро в Алайской долине, перед спуском к Бор-доба, 3 VIII; 3 200 *м*.
№ 18 Оз. Кара-куль, восточный берег, 15 VII; 4 000 *м* (Рейхардт).
№ 19 Пруд близ северо-восточного берега оз. Кара-куль, 18 VII; 4 000 *м* (Рейхардт).

Рассматриваемые водоемы лежат весьма высоко иад уровием моря — от 3 000 *м* (озеро в долине Танымаса) до 4 000 *м* (оз. Кара-куль), в весьма суровых климатических условиях. Три упомянутых выше крупных озера являются солоиоватыми водоемами; даииых о солеиости прочих водоемов не имеется; вероятно, это пресиые водоемы.

Материал с Памира безусловио представляет зиачительиый интерес, относясь к крайне мало исследоваииой в гидробиологическом отиошении высокогориой области Туркестана. По *Entomostraca* Памира иаши

[1] Озеро имеет солоноватую воду.
[2] Озеро имеет солоноватую воду.

современные сведения ограничиваются[1] лишь данными G. Sars'a (1903) и Г. Ю. Верещагина (1923). Первый автор — по сборам Dr. O. Paulsen'а в 1898 г. — для Памира приводит следующие виды: *Daphnia longispina* var., *D. pulex* de Geer, *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müll.), *Alona costata* Sars, *Diaptomus bacillifer* Koelb., *D. paulseni* Sars, *Cyclops strenuus* S. Fisch.; кроме того, *Macrothrix* sp., *Alona* sp., *Cyclops* juv. и *Canthocamptus* sp.

Г. Ю. Верещагин (1923) нашел в материале с Памира (сборы Н. В. Богоявленского в 1901 г.) следующие виды: *Daphnia magna* Str., *D. pulex* var. *pulex*, *D. pulex* var. *pulicaria* Forbes, *D. tibetana* Sars,[2] *D. longispina* var., *D. longispina* var. *nasuta* Sars, *Ceriodaphnia reticulata* (Jur.), *C. pulchella* Sars, *Simocephalus vetulus* (O. F. Müll.), *Macrothrix hirsuticornis* Norm. & Br., *Moina rectirostris* Leyd., *Eurycercus lamellatus* (O. F. Müll.), *Acroperus harpae* Baird, *Alona rectangula* var. *rectangula* Sars, *A. rectangula* var. *karelica* Stenr., *A. affinis* Leyd., *Graptoleberis testudinaria* (S. Fisch.), *Cornuella pamirensis* n. gen. n. sp., *Chydorus sphaericus* O. F. Müll., *Diaptomus bacillifer* Koelb., *Cyclops vicinus* Uljan., *C. viridis* Jur., *C. strenuus* S. Fisch., *C. macruroides* Lill.; кроме того, указаны *Diaptomus* sp. *Cyclops* sp., *Canthocamptus* sp. и *Simocephalus* sp. (эфиппии).

Мною в сборах Памирской экспедиции 1928 г. были обнаружены следующие формы:

Cladocera

Daphnia pulex de Geer
" " var. *pulicaria* Forbes
Daphnia magna Str.
Daphnia pamirensis sp. n.[3]
Daphnia longispina var.
Scapholeberis aurita (S. Fisch.)
Simocephalus vetulus (O. F. Müll.)

Macrothrix hirsuticornis Norm. & Br.
Alona quadrangularis (O. F. Müll.)
Alona guttata Sars
Rhynchotalona falcata (Sars)
Graptoleberis testudinaria (S. Fisch.)
Alonella excisa (S. Fisch.)
Pleuroxus aduncus (Jur.)
Chydorus sphaericus O. F. Müll.

Copepoda

Diaptomus bacillifer Koelb.
" " var. *alpinus* (Imh.)
Diaptomus paulseni Sars
Paradiaptomus asiaticus (Uljan.)
Cyclops strenuus S. Fisch.
Cyclops viridis var. *gigas* Cls.[4]
Cyclops bicuspidatus Cls. var. *odessanus* (Schmank.)
Cyclops serrulatus S. Fisch.
Canthocamptus staphylinus Jur.
Canthocamptus northumbricus Brady

[1] В работе П. С. Назарова (Землеведение, т. 3, 1897, вып. 1), приводятся только родовые названия (*Cyclops* sp., *Daphnia* sp.). [2] Эта форма, по моему мнению, безусловно не есть *Daphniopsis tibetana* Sars (см. в нем. тексте). [3] Несомненно, эта форма была Г. Ю. Верещагиным (1923) приведена под названием „*Daphnia tibetana* Sars" (см. в нем. тексте).
[4] Ранее был указан просто *C. viridis* Jur.

ERKLÄRUNG DER TAFELN

Tafel I

Fig. 1. *Daphnia palex* var. *pulicaria* Forbes. ♀ mit Ephippium. Pfütze am See Rang-Kul. Vergr. ca. 40.

Fig. 2. *Daphnia pulex* var. *pulicaria* Forbes. Pfütze am See Rang-Kul. Vergr. ca. 40.

Fig. 3. *Daphnia longispina* var. juv. Pfütze am See Rang-Kul. Vergr. ca. 40.

Fig. 4. Endkrallen des auf der Fig. 3 gezeichneten Exemplares. Vergr. ca. 200.

Fig. 5. Cauda von *Daphnia pulex* (des auf der Fig. 1 gezeichneten Exemplares). Vergr. ca. 60.

Fig. 6. *Daphnia pamirensis* sp. n. Geschlechtsreifes ♀ ohne Subitaneier. See Schor-Kul. Vergr. ca. 20.

Fig. 7. *Daphnia pamirensis* sp. n. ♀, vom Rücken gesehen. See Schor-Kul. Vergr. ca. 20.

Fig. 8. *Daphnia pamirensis* sp. n. Junges ♀. See Schor-Kul. Vergr. ca. 25.

Fig. 9. *Daphnia pamirensis* sp. n. Kopf eines geschlechtsreifen ♀. See Schor-Kul. Vergr. ca. 20.

Fig. 10. Hinterer Teil der Schale von *Daphnia pulex*. Kleine Pfütze am See Rang-Kul (Probe № 8). Vergr. ca. 60.

Fig. 11. *Daphnia pamirensis* sp. n. Der hintere Teil des Postabdomens eines ♀. See Schor-Kul. Vergr. ca. 100.

Fig. 12. Kopf von *Daphnia pamirensis* sp. n., Seitenansicht. See Schor-Kul. Vergr. ca. 15.

Fig. 13 u. 15. Abdominalfortsätze des Postabdomens des ♀ von *Daphnia pamirensis* sp. n. See Schor-Kul. Vergr. ca. 100.

Fig. 14. *Daphnia pamirensis* sp. n. Kopf eines ♀. See Schor-Kul. Vergr. ca. 20.

Fig. 16—17. Hinterer Teil der Schale des jungen ♀ von *Daphnia pamirensis* sp. n. See Schor-Kul. Vergr. ca. 50.

Fig. 18. Hinterer Teil der Schale von *Daphnia pulex*. Kleine Pfütze am See Rang-Kul (Probe № 8). Vergr. ca. 60.

Fig. 19. *Scapholeberis aurita* (S. Fisch.). Der Kopfteil. Ex. aus der Probe № 9. Vergr. ca. 80.

Fig. 20. *Daphnia pulex* var. See Rang-Kul (Probe № 8). Abdominalfortsätze des Postabdomens eines ♀. Vergr. ca. 80.

Tafel II

Fig. 1. *Pleuroxus aduncus* (Jur.) ♀. Postabdomen und hinterer Teil der Schale. Ex. aus der Probe № 9. Vergr. ca. 200.

Fig. 2. *Pleuroxus aduncus* (Jur.) ♀. Rostrum. Dasselbe Ex. Vergr. ca. 200.

Fig. 3. *Alona quadrangularis* (O. F. M.) ♀. Ex. aus der Probe № 9. Vergr. ca. 150.

Fig. 4. *Diaptomus bacillifer* Koelb. var. *alpinus* (Imh.) ♂. Enp. und Exp. II des rechten V Fusses. See Schor-Kul. Vergr. ca. 380.

Fig. 5. *Diaptomus bacillifer* Koelb. var. *alpinus* (Imh.) ♂. Rechter Fuss des V Paares, von rechts gesehen. See Schor-Kul. Vergr. ca. 200.

Fig. 6. *Diaptomus bacillifer* Koelb. var. *alpinus* (Imh.) ♂. V Fusspaar. See Schor-Kul. Vergr. ca. 200.

Fig. 7. *Diaptomus bacillifer* Koelb. var. *alpinus* (Imh.) ♂. Rechter Fuss des V Paares. See. Rang-Kul. Vergr. ca. 230.

Fig. 8. *Diaptomus bacillifer* Koelb. var. *alpinus* (Imh.). Zweigliedriger Greifhaken eines ♂ aus dem See Rang-Kul. Vergr. ca. 400.

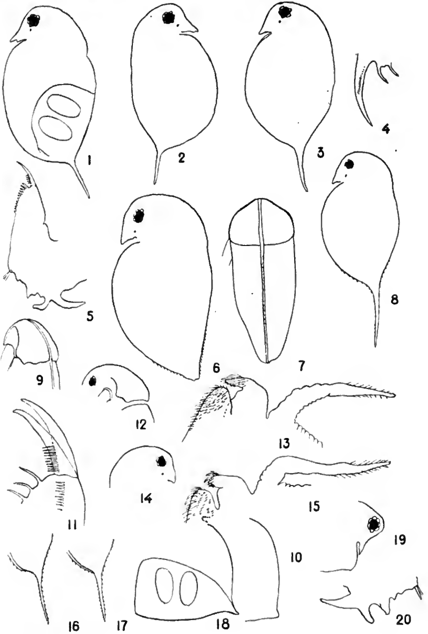
Fig. 9. *Diaptomus bacillifer* Koelb. var. *alpinus* (Imh.). Drei distale Glieder der Greifantenne. See Rang-Kul. Vergr. ca. 400.

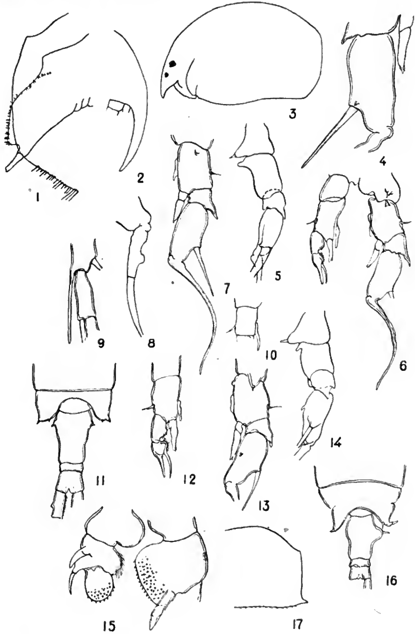
Fig. 10. Dasselbe Exemplar. Basale II des linken V Fusses.

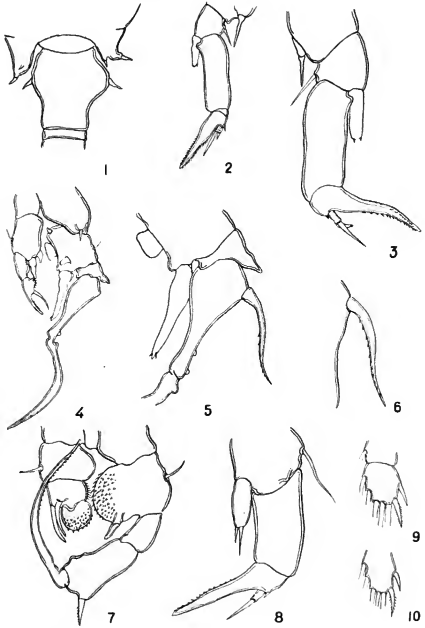
Fig. 11. *Diaptomus bocillifer* Koelb. ♀ aus der Probe № 12. Typische Form. Vergr. ca. 60.
Fig. 12. *Diaptomus bacillifer* Koelh. ♂. Linker Fuss des V Paares. Ex. aus der Probe № 12. Typische Form. Vergr. ca. 140.
Fig. 13. *Diaptomus bocillifer* Koelh. ♂. Rechter Fuss des V Paares. Ex. aus der Probe № 12. Typische Form. Vergr. ca. 140.
Fig. 14. Dasselbe Exemplar. Rechter Fuss des V Paares. Vergr. ca. 140.
Fig. 15. *Parodiaptomus osiaticus* (Uljan.) ♂. See Kara-Kul. Fragmente des V Fusspaares. Vergr. ca. 220.
Fig. 16. *Dioptomus* sp. (*poulseni?* Sars) ♀. See Kara-Kul (Probe № 4). Hinterer Teil des Cephalothorax und Ahdomen. Vergr. ca. 90.
Fig. 17. *Scopholeberis ourito* (S. Fisch.) ♀. Ex aus der Prohe № 9. Hinterer Teil der Schale. Vergr. ca. 80.

Tafel III

Fig. 1. *Diaptomus paulseni* Sars ♀. Ex. aus der Probe № 15. Hinterer Teil des Cephalothorax und Genitalsegment. Vergr. ca. 150.
Fig. 2. Dasselbe Exemplar. V Fuss. Vergr. ca. 260.
Fig. 3. *Dioptomus paulseni* Sars ♀. V Fuss. See Kara-Kul. Vergr. ca. 400.
Fig. 4. *Diaptomus paulseni* Sars ♂. V Fuss. See Kara-Kul. Vergr. ca. 200.
Fig. 5. *Dioptomus poulseni* Sars ♂. Rechter Fuss des V Paares. See Kara-Kul. Vergr. ca. 380.
Fig. 6. *Diaptomus paulseni* Sars ♂. Seitendorn des Exp. II des rechten V Fusses. See Kara-Kul. Vergr. ca. 400.
Fig. 7. *Parodioptomus asiaticus* (Uljan.) ♂. V Fuss. See Kara-Kul. Vergr. ca. 210.
Fig. 8. *Parodiaptomus osioticus* (Uljan.) ♀. V Fuss. See Kara-Kul. Vergr. ca. 360.
Fig. 9. *Paradioptomus asioticus* (Uljan.) ♀. Exp. III des ersten Fusspaares. See Kara-Kul. Vergr. ca. 390.
Fig. 10. *Parodioptomus osioticus* (Uljan.) ♂. Exp. III des ersten Fusspaares. See Kara-Kul. Vergr. ca. 390.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Dr. W. RYLOV
STAATS INSTITUT FÜR HYDROLOGIE, LENINGRAD

Einige Bemerkungen betreffs des regional-limnologischen Studiums

(Sonderabdruck aus *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*) — *Bd. IV.*

ROMA
PROVVEDITORATO GENERALE DELLO STATO
LIBRERIA
1929-VII

Einige Bemerkungen betreffs des regional-limnologischen Studiums.

Dr. W. Rylov.
Staats Institut für Hydrologie, Leningrad.

Den Ausgangspunkt der modernen regionalen Limnologie bildet eine gewisse Korrelation zwischen dem geologischen Charakter einer Gegend und der Höhe der Phytoplanktonproduktion der daselbst befindlichen Gewässer. " Je nährstoffreicher das Wasser, um so höher liegt diese Produktion und umgekehrt. Die ernährungsphysiologische Beschaffenheit des Wassers ist von der Umgebung abhängig. Entweder ist die natürliche geologische Struktur, oder es sind kulturelle Einflüsse hierbei ausschlaggebend. Es ist also möglich, vor allem die quantitative Produktion an Phytoplankton als einen Indikator für die Beschaffenheit der ernährungsbiologischen Milieuvoraussetzungen zu verwerten. Dies ist auch der eigentliche Ausgangspunkt der regionalen Limnologie." (E. Naumann, 1925, S. 543).

Ihrem Wesen nach stellt die regionale Limnologie eine rein ökologische Lehre vor, die sich auf die Ernährungsphysiologie der Produzenten stützt. Gemäss dem Gesetz des Minimums ist es für eine normale Existenz eines Organismus erforderlich, dass im gegebenen Biotop alle die für diesen Organismus nötigen Bedingungen vorhanden seien, und dass eine jede von ihnen quantitativ ein gewisses Minimum befriedige. Daraus ist die überaus hohe Bedeutung der E. Naumann' schen (1921) Idee über die ökologischen Milieuspektra und ihre Anwendung im regional-limnologischen Problem zu ersehen ; auch ist es klar, dass man diese Spektra im Sinne des Gesetzes des Minimums auffassen muss.

Gegenwärtig rückt die regionale Limnologie die Frage über die Spektra der gelösten Phosphate und des Stickstoffs in seinen verschiedenen, durch das autotrophe Plankton assimilierbaren, Formen in den Vordergrund. Scheinbar genügen gerade die P- und N- Quantitäten in natürlichen Bedingungen besonders oft nicht den Forderungen des Minimum-Gesetzes, und folglich diese Elemente die Rolle produktionsbegrenzender oder " Minimum-Faktoren " spielen (siehe darüber bei A. Thienemann, 1926).

E. Naumann (1921, 1923, 1924, 1925, 1927) hat in der letzten Zeit eine Reihe sehr inhaltsreicher Abhandlungen über die Probleme und Methoden der regionalen Limnologie veröffentlicht. In meinem heutigen Vortrage möchte ich Ihre Aufmerksamkeit nur auf einige spezielle Fragen lenken, die dem Wesen der regional-limnologischen Lehre entspringen, und die in der modernen Literatur noch nicht genügend beleuchtet worden sind. Ich bin geneigt zu denken, dass mit diesen Fragen, die möglichst kurz behandelt werden sollen, die rationelle Aufstellung der regional-limnologischen Untersuchung aufs engste verknüpft ist.

I. — Ueber den primären Trophie-Standard. *

Die Existens eines jeden Gewässers ist nur sofern möglich, als seine Wassermasse, die durch Abfluss und Verdunstung abnimmt, beständig oder periodisch erneuert wird. Diese Wassererneuerung geht auf drei Wegen vor sich :

a) durch Zufluss unterirdischer Wasser,

b) durch Zufluss oberirdischer Wasser,

c) durch atmosphärisches Wasser, das unmittelbar auf das Territorium des Wasserbeckens, als eines solchen, fällt.

Nicht selten spielen eine Rolle alle drei Arten der Wassererneuerung, sehr oft zwei von ihnen (*b* und *c*). Die Speisung eines Gewässers ausschliesslich durch direkten Fall von atmosphärischen Niederschlägen kommt, wenn eine solche unter natürlichen Bedingungen auch Platz hat, doch nur in äusserst seltenen Fällen vor, und ist, in der Regel, mit den zwei ersten Speisungsarten kombiniert. Gewöhnlich wird ein Gewässer vor allem auf Kosten irgend einer der angeführten Arten gespeist, während die beiden übrigen eine nur untergeordnete Bedeutung haben.

Der Chemismus der Wassermasse eines jeden Wasserbeckens hängt vom Chemismus der das Becken speisenden Wasser ab, von den Prozessen, die im Wasserbecken selbst, als einer limnologischen Einheit, vor sich gehen, und indirekt von seinem Abfluss (s. Halbfass, 1923, S. 268). Aus dieser ganz elementaren Voraussetzung folgt, dass die Qualität und Quantität der im Wasser eines gegebenen Wasserbeckens aufgelösten Nährsalze das Resultat der Einwirkung einer Kombination von Bedingungen vorstellt. Primär wird es freilich durch den Chenismus des Zuflusswassers bedingt, weiterhin gehen schon sekundäre Veränderungen während des Aufenthaltes des Wassers im Wasserbecken selbst vor sich.

Folglich kann man auch von einem primären Trophie-Standard, oder speziell auch von einem primären P- und N-Standard sprechen.

* — BILOV.

Ein solcher Standard wird ausschliesslich durch Chemismus des Wassers bestimmt, das die Wassermasse des gegebenen Wasserbeckens erneuert, und seine Wasserbalance in gewissen, bestimmten Grenzen unterhält.

Wenn ein Wasserbecken von Wassern, die arm sind an Phosphaten und Stickstoff, gespeist wird, so lässt es sich, unter sonst gleichen Bedingungen, durch einen niedrigeren P- und N-Standard charakterisieren, als ein Wasserbecken, das von an P- und N- reichen Wassern gespeist wird. Der produktionsbiologische Typus eines Gewässers wird zuguterletzt in hohem Grade vom primären Trophie-Standard bedingt.

Es ist gut bekannt, dass in dystrophen Gewässern der primäre Standard durch den Charakter der Gegend bestimmt wird, die an Torfmooren reich ist, auf deren Territorium die Humusfizierungsprozesse intensiv verlaufen. Auf Kosten der Letzteren werden die das Wasserbecken speisenden Zuflusswasser an aufgelösten Humin-Stoffen (und Humus-Detritus) bereichert, die für dystrophe Seen so charakteristisch sind (Polytypus der Humin-Stoffe bei Oligotypus der Elektrolyten). Schliesslich erhält aber ein jedes Gewässer auch Wasser von der Seite, aus der umliegenden Gegend, d. h. auf allochthone Weise, Das ist natürlich richtig auch für die Gewässer, die von unterirdischen Wassern gespeist werden.

Auf diese Weise ist der primäre Trophie-Standard, hinsichtlich eines gegebenen Gewässers, als eines limnologischen Ganzen, von allochthoner Herkunft.

Eine der Aufgaben von ganz besonderer Bedeutung in der modernen regional-limnologischen Forschung muss in der Bestimmung des primären Trophie-Standards bestehen, d. h. der Trophie allochthoner Wasser. die die Wasserbalance regulieren, und die Existenz des Gewässers unterhalten. Ich bin geneigt anzunehmen, dass gerade im primären Trophie-Standard der Schwerpunkt der regionalen Limnologie, als einer ökologischen Disziplin, liegt.

II. — Die Bedeutung der Hydrogeologie und der Bodenkunde für die regionale Limnologie.

Aus dem Obengesagten geht klar hervor, dass die regionale Limnologie in weitestem Umfang die Errungenschaften der Hydrogeologie und der Bodenkunde ausnutzen muss.

Die moderne Hydrogeologie erforscht sehr detailliert die Frage des Chemismus der Wasser der Erdrinde im Zusammenhange mit dem Chemismus und den physikalischen Eigenschaften der geologischen Formationen. Es genügt auf die Bedeutung hydrogeologischer

Untersuchungen für die Versorgung besiedelter Punkte mit Trinkwasser hinzuweisen. Eine kausale Erklärung der chemischen Eigenschaften des Wassers, als einer Ernährungsquelle, liegt vollständig im Bereich der Kompetenz der Hydrogeologie. In gleichem Masse bezieht sich das Gesagte auch auf die Bodenkunde, als diejenige wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Erforschung der Prozesse beschäftigt, die unter Einwirkung von Wärme, Luft und Wasser in der Verwitterungszone der Erdrinde vor sich gehen. Es ist allbekannt, wie sehr die Zusammensetzung des atmosphärischen Wassers durch die Prozesse, die bei der Bodenbildung vor sich gehen, verändert wird. Ich möchte bloss die Absorbtionsfähigkeit des Bodens erwähnen, wodurch, wie bekannt, eine Reihe von Nährstoffen beim Durchgange des oberirdischen Wassers durch die Bodenschicht zurückgehalten wird. Besonders bezieht sich das auf die Salze der Phosphorsäure, die sehr energisch absorbiert werden.

Ein herrliches Beispiel für die Notwendigkeit, die Ergebnisse der Bodenkunde für die Limnologie nutzbar zu machen, bieten die dystrophen Gewässer. Ihr eigenartiger Typus, der sich in einem spezifischen Chemismus des Wassers und charakteristischem Nahrungskreislauf äussert, wird vor allen Dingen durch die bodenbildenden Prozesse bedingt, die auf dem Territorium stattfinden, das die dystrophen Gewässer speist. In der modernen Literatur kann man wiederholt Hinweise auf die Notwendigkeit der Arbeit in der besprochenen Richtung antreffen. E. Naumann, und mit ihm noch eine Reihe anderer Autoren, hält die Feststellung des geologischen Charakters der Gegend, in der die gegebenen Gewässer liegen, für eine conditio sine qua non für die regionale Limnologie. Die geologischen Fakta sind die Basis, auf der sich prinzipiell der Begriff der Trophie eines Gewässers aufbant. Ich finde jedoch, dass die regionale Limnologie bis jetzt die geologischen Fakta in zu verallgemeinerter Form benutzt hat, während hier eine viel mehr vertiefte und detaillierte Forschung vonnöten ist, und zwar in der Richtung der Probleme, die von der Hydrogeologie studiert werden, mit einer allseitigen Ausnutzung der Ergebnisse der Bodenkunde und Klimatologie. Es scheint mir, dass einfache Hinweise auf den allgemeinen Charakter der geologischen Landschaft, wie es bis jetzt getan wird, noch ungenügend sind. Das Studium der Frage des primären Trophie-Standards verlangt einen engen Kontakt der Limnobiologie mit der Hydrogeologie und der Bodenkunde. Ein detailliertes und allseitiges Studium der Prozesse, die bei dem Durchgang des atmosphärischen Wassers durch die Erdrinde und auf ihrer Oberfläche stattfinden, einschliesslich bis zum Moment seines Eintritts ins Wasserbecken,

ist eine unbedingte forderung für weitere Fortschritte in der regional-limnologischen Forschung.

III. — Ueber die autochthonen Veränderungen des primären Trophie-Standards.

Infolge der Prozesse, die im Gewässer selbst, als einem limnologischen Ganzen, vor sich gehen, erleiden die Eigenschaften des das Gewässer speisenden Wassers, das seinem Wesen nach allochthon ist, eine Reihe von Veränderungen. Gleichzeitig verändert sich auch der primäre Trophie-Standard. Hinsichtlich eines gegebenen Gewässers sind die Veränderungen autochthon, denn sie werden von den Eigenschaften des Gewässers selbst, als eines solchen, bestimmt. Abhängig von Letzterem wird im Gewässer ein gewisses, für das Gewässer charakteristisches physikalisch-chemisches Regime hergestellt, speziell auch ein Regime der gelösten Nährstoffe.

Hier finden, wie bekannt, zwei Gruppen von Veränderungen des primären Standards statt. Erstens die biogen-bedingten Veränderungen, die unter dem Einfluss der Bevölkerung des Gewässers vor sich gehen. Hierher gehören z. B. die Veränderungen der Spektra der freien CO_2, O_2, der Ca- und Mg-Bikarbonate und des pH-Standards unter dem Einfluss der Photosynthese-Prozesse, speziell der Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons. Es ist auch festgestellt, dass Letzteres ein Faktor ist, der im Wasser auf den Gehalt an Phosphaten (s. z. B. Gill, 1927) und Stickstoff in seinen Formen, die vom autotrophen Plankton assimiliert werden können, beeinflüsst. Hierher muss man auch die Veränderungen im primären Standard beziehen, die von biochemischen Prozessen abhängen, die in agilen Schlammablagerungen vor sich gehen. In der Limnobiologie ist eine Menge von Tatsachen bekannt, die hierher gehören, und bei denen es sich wohl kaum lohnt zu verweilen.

Die zweite Gruppe von Veränderungen, die für uns Interesse besitzt, wird durch den Einfluss auf die Wassermasse des geologischen Substrates, aus dem die Wanne des Gewässers gebildet ist, bedingt. Wir haben die chemische Erosion im Auge, die auf dem Territorium des Gewässers selbst stattfindet. Im Resultat dieser Erosion erhält das Wasser die entsprechenden mineralischen Stoffe, wobei sich der primäre Trophie-Standard verändert. So weist Järnefelt (1925, S. 300-301) darauf hin, dass in Finnland in den Seen, deren Wanne von Rapakiwi gebildet wird, der intensiver ausgelaugt wird, als weniger verwitterte Granite, ein erhöhter Gehalt an K_2O beobachtet wird.

In gewissen Fällen, und zwar, wenn es sich um leicht lösliche

Gesteinsorten (Kalk, Dolomiten- bei vorhandener freier CO_2, Steinsalz), wissen wir, dass die chemische Erosion einen Faktor vorstellen kann, der den primären Trophie-Standard stark verändert. In anderen Fällen ist die besprochene Frage sehr unvollkommen studiert. Man kann voraussetzen, dass, wenn die Wanne eines Gewässers aus festen, schwer erodierbaren Gesteinen besteht (Graniten, Gneissen), die chemische Erosion die Rolle eines Faktors spielt, der nur äusserst unbedeutend und langsam den primären Trophie-Standard verändert. Ein irgendwie beweiskräftiges faktisches Material, das den Aufgaben der regionalen Limnologie dienen könnte, ist hier leider nicht vorhanden; die biogenen Veränderungen sind viel erschöpfender erforscht. Dabei kann man nicht umhin zu bemerken, dass die Frage über den Einfluss der autochthon vor sich gehenden chemischen Erosion auf den primären Standard eines Gewässers überhaupt zu den prinzipiell wichtigen Fragen der regionalen Limnologie gehört. Nichtsdestoweniger ist diese Frage bis jetzt nur in ganz allgemeiner Form behandelt worden, und zwar da, wo sie wohl einen der ersten Plätze einnehmen müsste. Eine Vertiefung der Forschungen in dieser Richtung ist für das Verständniss der produktionsbiologischen Bedingungen eines Gewässers äusserst notwendig, und diese Forschungen müssen eine von den Grundaufgaben der regional-limnologischen Untersuchungen bilden.

Der nächste Faktor, der unter gewissen Bedingungen in weiten Grenzen den primären Trophie-Standard verändern kaun, besteht in der Veränderung des Inhaltes der Wassermasse eines Gewässers infolge von Verdunstung oder Abfluss. In flachen Gewässern (z. B. in Teichen) kann das Vorherrschen der Wasserabgabe vor der Wasserzunahme zu einer äusserst starken Konzentration der mineralischen und organischen gelösten Stoffe führen, darunter auch der Stickstoffverbindungen, wobei eine Eutrophie des Gewässers eintritt. In der modernen Limnologie wird das Trophie-Prinzip als Grundstein für die produktionsbiologische Klassifikation nicht nur der Seen, sondern auch kleiner Gewässer gelegt (NAUMANN, l. cit., H. NORDQUIST, 1921, RYLOV, 1927 u. a.). Gerade bei diesen Gewässern (Teichen, Pfützen) muss man mit besonderer Aufmerksamkeit die Veränderungen notieren, die der Trophie-Standard erfährt infolge der Konzentrationsveränderungen der Wassermasse, die durch Verdunstung und Abfluss hervorgerufen werden. Eine besonders grosse Bedeutung hat hier der Verdunstungsprozess, bei welchem nur eine Konzentration der vorhandenen Menge gelöster Stoffe stattfindet. Dahingegen ist die Folge des Abflusses eine Verarmung des Wassers an gelösten Stoffen, mit Ausnahme gewisser spezieller Fälle.

Ich möchte nicht eingehender diese Einflüsse betrachten, die das Gewässer selbst auf den Chemismus seiner Wassermasse ausübt, und verweise auf die entsprechenden Kapitel in den Arbeiten von Forel (1901) und Halbfass (1923). Ich muss nur noch bemerken, dass für das Verständnis der Veränderungen des primären Trophie-Standards es nötig ist, die Zeit zu berücksichtigen, während welcher die Zuflusswasser sich in der direkten Wirkungssphäre des Gewässers, als eines limnologischen Ganzen, befinden. Im allgemeinen müssen diese Veränderungen, unter sonst gleichen Bedingungen, direkt proportional sein dieser Zeit. In gut durchfliessenden Gewässern, wo der Wasserwechsel verhältnismässig schnell vor sich geht, kann man, bei sonst gleichen Bedingungen, keine so tiefgehenden Veränderungen des primären Trophie-Standards erwarten, wie in langsam durchfliessenden, oder stehenden Gewässern.

Aus den oben dargelegten Betrachtungen kann man den Schluss ziehen, dass man zwei Trophie-Standards unterscheiden muss, ein primären nnd einen sekundären. Natürlich ist der zweite von ihnen mit dem ersten eng verbunden, eine These, die wohl keine Kommentare benötigt.

Es scheint mir, dass man in der regionalen Limnologie eine strenge Scheidung der Begriffe, des primären und des sekundären (d. h. autochthon veränderten) Trophie-Standards durchführen müsse. Beide Standards können natürlich manchmal zusammenfallen, doch können sie auch sehr weit auseinandergehen, sowohl in qualitativer, als auch besonders in quantitativer Hinsicht. In Gewässern mit sehr statischen Bedingungen bildet sich ein mehr oder weniger bestimmter, feststehender Trophie-Standard. Je mehr das Gewässer vom Einfluss der Zuflusswasser (allochthoner W.) isoliert ist, eine desto stärker ausgeprägte Individualität erlangt dieser Standard im Vergleich zum primären. Da diese Isolation sehr oft einen zeitlichen Charakter trägt (speziell auch einen Saison-Charakter), so sind auch die entsprechenden Veränderungen des primären Standards qualitativ und quantitativ in den verschiedenen Momenten des Lebens des Gewässers einander nicht gleich.

Das Studinm der Korrelation zwischen beiden Trophie-Standarden, stellt meiner Meinung nach eine höchst wichtige Aufgabe der regionalen Limnologie vor. Für eine kausale Begründung der produktionsbiologischen Gewässertypen, speziell der Seen, ist eine Vertiefung der Arbeit in dieser Richtung dringend erwünscht. Es lässt sich wohl kaum bestreiten, dass das Studium dieser Korrelation eine conditio sine qua non vorstellt für eine richtige kausale

Verbindung des produktionsbiologischen Typus eines Gewässers mit dem geologischen Moment.

IV. — Ueber die vergleichenden regional-limnologischen Untersuchungen.

" Die weitere Entwicklung der Lehre von den Gewässertypen und der regionalen Limnologie überhaupt — ist natürlich von der Zusammenstellung eines möglichst reichhaltigen Tatsachenmaterials aus verschiedenen Ländern abhängig. Es wäre deshalb sehr zu begrüssen, wenn jede Arbeit, die sich auf die Biologie von Süsswasserorganismen bezieht, auch mit den für einen Vergleich auf rationaler Grundlage erforderlichen Notizen versehen wäre. " (E. Naumann, 1927, S. 95). Mit diesem Wunsche, den E. Naumann ausgesprochen hat, kann man natürlich nicht umhin, sich einverstanden zu erklären. Es scheint mir jedoch, dass es für die Klarlegung der Gesetzmässigkeiten, die zwischen dem Limnobios und den umgebenden Bedingungen bestehen, nötig ist, ein möglichst vergleichbares faktisches Material zu erhalten, und nicht bloss eine Reihe von unzusammenhängenden Tatsachen, auch wenn sie von irgendwelchen Hinweisen regionalen Charakters begleitet werden.

Wenn wir uns auf die Frage der kausalen Abhängigkeit der Produktion der Gewässer (und speziell der Phytoplanktonproduktion) vom geologischen Moment beschränken, so halte ich es für rationell, die hierher gehörenden Untersuchungen in folgenden Richtungen zu standardisieren.

1) Wenn die zu vergleichenden Gewässer in verschiedenen geologischen Gebieten liegen, so müssen sie morphologisch möglichst gleichwertig sein, denn " Seen auf gleichem Untergrund sind um so mehr oligotroph, je grösser ihre mittlere Tiefe ist " (Thienemann, 1926, a, S. 83 ; s. ebenfalls : Naumann, 1927, a, S. 646).

2) Die, gemäss Punkt I ausgewählten, Gewässer müssen sich in nach Möglichkeit gleichen Bedingungen hinsichtlich des Einflusses der allochthonen, sowohl ober- als auch unterirdischen, Wasser befinden.

3) Die das Gewässer speisenden Wasser müssen hinsichtlich des pimären Trophie-Standards gut erforscht werden.

4) Die zu vergleichenden Gewässer müssen in Gegenden liegen mit nach Möglichkeit ähnlichen klimatischen Bedingungen. Im entgegengesetzten Falle müssen diese berücksichtigt werden, wofern sie auf die Wasserbalance einwirken. Diese These folgt aus dem zweiten Punkt.

5) Die zu vergleichenden Gewässer müssen ein nach Möglichkeit gleiches termisches Regime besitzen.

6) Sie müssen sich in möglichst ähnlichen äusseren Beleuchtungsbedingungen (Insolation) befinden.

7) Die Erforschung des Chemismus eines Gewässers, darunter auch seines sekundären Trophie-Standards, ebenso die quantitative Beurteilung seiner Bevölkerung, speziell seines Planktons, müssen nach gleichen Methoden vollführt werden.

Wir sprechen überall von " nach Möglichkeit " gleichen Bedingungen, da man a priori wohl kaum eine volle Identität derselben erwarten kann.

Die aufgeführten Punkte, an die man sich, meiner Meinung nach, bei der regional-limnologischen Forschung halten muss, lassen sich auf eine Ausschaltung einer Reihe von Faktoren zurückführen, die in der einen oder anderen Richtung die Schärfe des Bildes der Wechselbeziehungen zwischen der Produktion und dem geologischen Element verdunkeln. Zur Feststellung dieses Bildes ist vielleicht die Untersuchung einer solchen Gegend am bequemsten, wo auf einem nicht grossen Raume verschiedene geologische und bodenkundliche Formationen anzutreffen sind. Darauf ist schon früher von E. Naumann hingewiesen worden.

V. — Zur Frage des P- und N-Standards.

Eine Erweiterung und Vertiefung der Untersuchungen in hydrochemischer Richtung ist natürlich eine unumgängliche Bedingung für eine weitere erfolgreiche regional-limnologische Arbeit.

Darauf ist in der Literatur wiederholt hingewiesen worden. Nichtsdestoweniger wage ich es, hier noch einmal die Notwendigkeit einer Detaillierung und Erweiterung der hydrochemischen Untersuchungen für die Zwecke der Limnobiologie zu unterstreichen. Ungeachtet des ausserordentlichen Wuchses der limnobiologischen Literatur im letzten Dezennium, ist der Frage des Chemismus vom Standpunkte der Trophie, wie mir scheint, doch proportional zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet worden. Das bezieht sich besonders auf die Phosphate und den Stickstoff, in seinen verschiedenen Formen, die von den autotrophen Organismen assimiliert werden können. Die kolossale Armut des Tatsachenmaterials über P und N, das für die regionale Limnologie verwertbar wäre, wird in der kürzlich veröffentlichten höchst inhaltsreichen Arbeit von A. Thienemann (1926) aufs Beste illustriert, die deutlich zeigt, wie kleine Fortschritte wir darin im letzten Dezennium gemacht haben.

Nicht nur die P- und N-Untersuchungen, sondern auch über-

haupt die hydrochemischen Forschungen müsste man in der allernächsten Zeit in internationalem Masstabe standardisieren. Ohne auf die Einzelheiten dieser, wie mir scheint, Kardinalfrage der modernen Limnologie einzugehen, möchte ich nur auf die Notwendigkeit einer strengen Auswahl, speziell auch Ausarbeitung, einer Reihe von Methoden der chemischen Wasseranalyse hinweisen, besonders in Bezug auf gefärbte Wasser, wo die bestehenden kolorimetrischen Methoden entweder ganz versagen, oder entsprechende Modifikationen oder Korrekturen verlangen. Eiu jeder Limnologe kennt natürlich die Bedeutung der Methoden der quantitativen Analyse, die nicht nur für das Laboratorium, sondern auch für Exkursionsbedingungen angepasst sein müssen. Es ist ein grosses Vergleichsmaterial nötig, das sich auf die Ergebnisse der quantitativen Analyse stützt. Ein solches Material wird jedoch wohl kaum erhalten werden, wenn eine Reihe von Analysen nicht aus dem Stadium zeitraubender Laboratoriumarbeit herauskommt. Das bezieht sich speziell auf die Phosphate und deu Stickstoff, und wäre es sehr zu wünschen, wenn ihre quantitative Bestimmung für eine Arbeit an Ort und Stelle zugänglich gemacht werden könnte, nach Möglichkeit mit minimalen Zeitaufwand.

Die limnobiologischen Untersuchungen verlangen beständig eine Gegenüberstellung der Biologie des Organismus den chemischen Milieufaktoren. Diese Gegenüberstellungen müssen das reiche Ausgangsmaterial liefern, ohne welches es unmöglich ist, rationell und auf Tatsachen gestützt, an eine Verteilung der Milieuspektra nach dem Prinzip der Trophie-Stufen (Poly-, Meso-, Oligotrophie) heranzutreten. Die modernen Versuche in dieser Richtung (s. d. Tabellen bei E. Naumann, 1921, 1927) tragen natürlich einen zu bedingten, provisorischen Charakter, und verlassen nicht den Rahmen einer allgemeinen Orientierung.

Es wäre zu wünschen, dass die Initiative in der Ausarbeitung der Frage der Standardisation hydrochemischer Untersuchungen, angepasst an die Aufgaben der Limnobiologie, von der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie ausgehen möchte. Zu diesem Zweck wäre die Begründung einer speziellen Kommission, nach dem Muster der bereits funktionieren den Literaturkommission der Vereinigung, empfehlenswert.

LITERATUR.

Forel, F. A., *Handbuch der Seenkunde*. Stuttgart, 1901.

Gill, R., *The Influence of Plankton on the Phosphate content of stored Sea-water*. Journ. Mar. Biol. Assoc. N. F. XIV, N. 4, 1927.

HALBFASS W., *Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde*. Berlin, 1923.
JÄRNEFELT H., *Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands*. Annales Soc. Zool. Botan. Fenniae. Vanamo, 2, 1925.
NAUMANN E., *Einige Grundlinien der regionalen Limnologie*. Lunds Univ. Arsskr. N. F. Avd. 2, Bd. 17, N 8, 1921.
— *Einige Grundzüge der regionalen Limnologie Süd- und Mittelschwedens*. Verh. d. Intern. Vereinigung für theor. u. angew. Limnologie, I (Kiel) Stuttgart, 1923.
— *Einige allgemeine Gesichtspunkte betreffs des Studiums der regionalen Limnologie*. Ibidem, II (Innsbruck) Stuttgart, 1924.
— *Einige Hauptprobleme der modernen Limnologie*. Handbuch der biol. Arbeitsmethoden, I, 1925 (a).
— *Die Arbeitsmethoden der regionalen Limnologie*. Ibidem, I, 1925.
— *Ziel und Havptprobleme der regionalen Limnologie*. Botaniska Notiser, Lund, 1927.
— *Ueber die Produktionsgesetze des Planktons*. Archiv für Hydrobiologie, Bd XVII, H. 4, 1927 (a) .
NORDQUIST H., *Studien über das Teichzooplankton*. Lunds Univ. Arsskr. N. F. II, Bd. 17, 1921.
RYLOV W. M., *Studien über das Teichplankton der Umgebung des Peterhofer Naturwiss. Instituts*. Arb. d. Peterhofer Naturwiss. Inst., H. 4, 1927. (russisch, mit deutscher Zusammenfassung).
THIENEMANN A., *Der Nahrungskreislauf im Wasser*. Verhandl. d. Deutsch. Zool. Gesellsch., 1926.
— *Limnologie. Eine Einführung in die biologischen Probleme der Süsswasserforschung*. Breslau, 1926 (a).

ROMA — « L'UNIVERSALE » TIPOGRAFIA POLIGLOTTA

Lc, V.

8

В. М. Рылов (Петроград).

Новая форма северо-американского *Diaptomus* (Entomostraca, Copepoda) из Восточной Сибири.

(С 1 рисунком)

V. Rylov (Petrograd).

Une forme nouvelle de *Diaptomus* de l'Amérique du Nord (Entomostraca, Copepoda) provenant de Sibérie orientale.

(Avec 1 figure).

Diaptomus eiseni Lill. var. occidentalis nova.

Описываемая форма найдена в трех пробах планктонной коллекции (№ 131—1907) Зоологического Музея Российской Академии Наук, собранных в районе реки Колымы г. Шульгой. Пробы снабжены следующими этикетками: 1) «№ 32. Долинное озеро р. Сухарной, при t° воды 1,1° R., 31. VIII»; единичные экземпляры ♀♀, в порядочном количестве ♂♂ и несколько неполовозрелых индивидов, вероятно, этой же формы; 2) «№ 34. Озеро в верховьях ручья, текущего справа в р. Лелендей»: в небольшом количестве ♂♂; 3) «№ 4: Долина реки Котельниковой, маленькое озеро с дном, покрытым галькой. 4. VIII»; в небольшом количестве ♂♂.

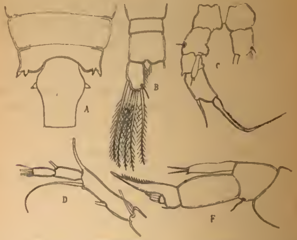
Во всех трех случаях рассматриваемый *Diaptomus* найден совместно с *Heterocope borealis* (Fisch.).

Указанные водоемы лежат около 155°—160° восточной долготы и 67°—70° северной широты. Отметим, что фауна *Entomostraca* этого района, как и вообще северо-востока Азии, почти совершенно не исследована и представляет, бесспорно, значительный зоогеографический интерес. Нахождение здесь *Heterocope borealis* подчеркивает высоко арктический характер местной фауны *Eucopepoda*.

В виду уже имеющихся в литературе диагнозов *Diaptomus eiseni* Lill. я опускаю подробное его описание и ограничиваюсь упоминанием лишь наиболее существенных морфологических признаков, основываясь на колымских экземплярах.

Головогрудь самки заметно утолщена по средине; передне-боковые вдавления 1-го сегмента явственны; последний сегмент или редко отчленен от предыдущего, или слит с ним; внешне-задние углы последнего сегмента слегка оттянуты кзади и на концах с коротким утолщенным чувствительным шипом; на внешне-заднем краю (на половине-трети его длины) расположено по более короткому сензорному шипу на небольших конических кутикулярных выростах.

Брюшко самки (фиг. A и B). Генитальный сегмент объемистый, значительно расширенный впереди, по бокам с двумя выростами, несущими по короткому сензорному шипу; длина сегмента не-



Diaptomus eiseni Lill. var. *occidentalis* nova. A — ♀, задний отдел головогруди и генитальный сегмент; B — ♀, задний отдел брюшка и левая хвостовая ветвь; C — ♂, 5-ая пара конечностей; D — ♂, три конечные членика геникулирующей антенны; E — ♀, конечность 5-ой пары.

сколько превышает общую длину двух задних сегментов. 2-ой сегмент весьма короткий, почти вдвое короче заднего. Наружная из хвостовых щетинок прикрепляется лишь немного позади средины внешнего края хвостовых ветвей; все исследованные экземпляры не имеют ряда тонких волосков на этих краях. Эти волоски изображены на рис. 12 таб. VII у Brewer'a (l. cit.) для ♀ и на рис. 6 таб. LXII у Cushman'a для хвостовых ветвей ♂[1].

Передние антенны самки достигают до заднего края послед-

[1] Отметим, что цитируемые рисунки хвостовых ветвей *D. eiseni* являются единственными в литературе.

него сегмента головогруди или до передней трети генитального сегмента.

3-й от конца членик геникулирующей антенны, как и у типичной формы, на заднем конце имеет стройный, загнутый кнаружи вырост, достигающий до средины или до конца предпоследнего членика (фиг. D).

V пара ног самки (фиг. E) в общем весьма сходна с имеющимися описаниями, но внутренний шип 3-го членика экзоподита гораздо короче, нежели у американской формы (судя по рис. 29 таб. I в «Révision des Calanides d'eau douce» и по рис. 11 таб. VII у Brewer'a). Эндоподит достигает до задней трети внутреннего края 1-го членика экзоподита, одночленистый, со слабо выраженными следами расчленения; вооружение его состоит из двух почти равной длины тонких заостренных иглообразных шипов, близ основания которых прикрепляется один короткий шипик; ряд мелких волосков на внутренней поверхности конца эндоподита, изображенный на рис. 29 в «Révision»[2], у колымских экземпляров встречается лишь в виде исключения; у нескольких из них наблюдались еще 1—2 сильно редуцированных шипика, вполне идентичных с упомянутым. Вырост 2-го членика экзоподита весьма крупный, прямой, на внутреннем крае снабженный рядом тонких шипов, увеличивающихся в длине по направлению кзади и не доходящих до конца членика. На рис. 12 в «Révision» (по Lilljeborg'y) эти шипы изображены совершенно одинаковой длины.

V пара ног самца. Basale II правой ноги (рис. C) на внутренней поверхности в задней трети образует пластинчатый округленный вырост, вдоль края снабженный рядом заостренных зубцов, вершиной направленных кзади; дистальный из них гораздо крупнее предыдущих. Начиная близ основания выроста, зубцы доходят лишь до его средины, так что дистальная половина края лишена всякого вооружения. Обращаясь к рис. 19 таб. 1 в «Révision», можно видеть, что для американской формы присутствие этого выроста весьма характерно. Однако вооружение его у наших экземпляров значительно отличается от указанного рисунка, где вся поверхность выроста покрыта очень мелкими шипиками, а сам вырост вовсе не имеет зубцов. Рис. 6 таб. LXII Cushman'a согласуется с рис. 19 Lilljeborg'a. Затруднительно сравнивать строение и вооружение этого выроста у колымских экземпляров с рис. 9 таб. VII у Brewer'a в виду крайнего несовершенства этого изображения. Автор рисует весьма короткий вырост с прямым внешним краем, который изображен тонко зазубренным. Однако, обращаясь к рис. 11 той же таблицы, нет никакой уверенности в том, что здесь имелась зазубренность, а не ряд шипиков, подобных описанным Lilljeborg'ом и

[2] На рис. 11 у Brewer'a (l. cit., pl. VII) дается весьма плохое изображение вооружения внутреннего края эндоподита, а равно и выроста 2-го членика экзоподита

Cushman'ом. Рис. 3 таб. XXV у Marsh'a в рассматриваемом отношении не дает никаких указаний, так как вооружение выроста на нем не обозначено [3]. Хватательный коготь, при основании вздутый, стройный и относительно тонкий, сильно загнут внутрь и заострен на конце. У всех колымских экземпляров коготь тоньше и стройнее, чем у северо-американских, особенно сравнительно с рис. 19 таб. I Lilljeborg'a. Эндоподит, одно- или неявственно двучленистый, достигает до передней трети внутреннего края 2-го членика экзоподита, на конце вооружен или несколькими короткими шипиками (6—10), ниже которых прикрепляется ряд весьма тонких волосков, или же одним крупным длинным иглообразным шипом, варьирующей длины, близ основания которого сидит короткий шипик; у некоторых экземпляров близ последнего наблюдаются рудименты одного или двух совершенно таких же шипиков, расположенных также близ основания длинного шипа. Следует отметить, что у колымской формы вооружение эндоподита правой ноги значительно варьирует. Экземпляры, снабженные упомянутым иглообразным шипом эндоподита, в остальном совершенно идентичны с экземплярами без подобного шипа и констатированы совместно с последними.

Левая нога. У некоторых экземпляров на внутреннем крае basale II имеется несколько мелких шипиков, прикрепляющихся близ основания эндоподита. Ни на одном из рисунков американской формы эти шипики не изображены; они однако не представляют и для колымской формы признака постоянного. Строение последнего членика экзоподита, а равно и его вооружение, в общем весьма сходно с описанием Lilljeborg'a; от рисунка последнего (рис. 19, табл. I) и от изображений Brewer'a и Marsh'a у наших экземпляров членик этот однако отличается большею толщиною и относительно меньшею длиною, напоминая в этом отношении рис. 6 табл. LXII Cushman'a. Эндоподит левой ноги имеет вооружение и строение весьма сходное с эндоподитом правой ноги. Он одно- или двучленистый, при чем следы расчленения в большинстве случаев выражены неясно. Вооружение эндоподита варьирует как и у эндоподита правой ноги. У колымской формы совершенно отсутствует ряд мелких волосков на внутренней поверхности дистального отдела эндоподита, изображенный Lilljeborg'ом и Cushman'ом.

Для V пары ног самца данного вида весьма характерна значительная загнутость правой ноги внутрь, по направлению к левой ноге, что̀ отмечается и Brewer'ом (p. 129).

Длина ♂ и ♀. Для *Diaptomus eiseni* Lill. в литературе приводятся следующие данные: ♂ — 3,5 мм., ♀ — 4 мм. (Lilljeborg, p. 96); ♂ — 4 мм., ♀ — 4,5 мм. (Brewer, p. 128); ♂ — 3,5 мм., ♀ — 4 мм. (Marsh, p. 483); ♂ — 3,5 мм. (Cushman, p. 711). Таким образом

---

[3] В тексте (p. 482) автор говорит лишь о «peculiar rugose expansion» и на деталях вооружения не останавливается

американская форма имеет в длину 3,5 — 4 мм. (♂) и 4 — 4,5 мм. (♀)[4]. Измерения колымской формы дают следующие цифры: ♂♂ 2,5 мм. (без хвостовых щетинок) и 2,8 мм. (со щетинками); ♀♀ 2,7 — 3 мм. (без щетинок) и 3,2 — 3,5 мм. (со щетинками). Если предположить, что измерения цитированных авторов относятся к общей длине животного (включая хвостовые щетинки), то все же следует отметить сравнительно меньшую величину колымских экземпляров, что характерно для последних изо всех трех указанных выше водоемов.

Принадлежность описываемой формы к виду *Diaptomus eiseni* Lill. для меня не подлежит сомнению. Это можно видеть уже из сравнения строения V пары ног самца и самки нашей и американской формы, а равно и прочих признаков, как форма и вооружение головогруди и брюшка самки, длина антенн I пары ея, структура 3-го от конца членика геникулирующей антенны и прочее.

Относительно *Diaptomus eiseni* мы располагаем в данное время следующими сведениями. Первое описание вида (латинский диагноз), а равно его изображение, мы находим в «Révision des Calanides d'eau douce» Guerne'a и Richard'a (Mém. Soc. zool. France, II, 1889, p. 96). Описание сделано W. Lilljeborg'ом по экземплярам, найденным A. G. Eisen'ом в 1885 г. в Калифорнии. Herrich и Turner (Geol. and Natur. History Survey of Minnesota, Rep. II of the State Zoologist, p. 58) вновь дали весьма краткий диагноз вида, указывая на его нахождение в Centreville'e (Калифорния). Из текста нельзя быть уверенным, что авторы лично находили и исследовали *D. eiseni*, а не указывают его по данным Lilljeborg'a. Диагноз авторов ничего нового к диагнозу в «Révision» не прибавляет, местонахождение приводится то же самое, а рисунок 11 табл. X (V пара ног самца — единственный в цитируемой работе — представляет собою плохую копию рисунка 19 табл. I-ой Lilljeborg'a.

W. Schacht (Bull. of the Illinois State Labor. of Nat. Hist., V, 1897, p. 162) собственных данных не сообщает, приводя лишь дословный английский перевод латинского диагноза из «Révision»[5], и отмечает наиболее характерные морфологические признаки рассматриваемого вида.

В 1898 году A. Brewer (Journ. Cincinnati Soc. Nat. Hist., XIX, № 4, p. 128) опубликовал подробное описание *D. eiseni* и 4 рисунка этого вида (табл. II, рис. 9—12), из которых рис. 12 является первым изображением абдомена самки. Автор констатировал *D. eiseni* 14. IV и 15. V в мелком (не более 2 футов глубины) водоеме окрестностей Lincoln'a (Небраска, в 1 миле к югу от Peniten'a).

C. D. Marsh в своей известной монографии «North American species of Diaptomus» (Trans. Wisconsin Acad. of Sci., XV, pt. II,

---

[4] Lilljeborg и Marsh (l. cit.) отмечают, что *D. eiseni* Lill. принадлежит к наиболее крупным представителям рода.

[5] В монографии Guerne'a и Richard'a на табл. I имеются опечатки в нумерации рисунков, которые исправляются Schacht'ом в цитируемом труде.

1907, p. 481, tab. XXV, fig. 3, tab. XXVI, fig. 6, 8) по экземплярам из Fresno (Калифорния) дал весьма подробное описание. отчасти на основании собственных исследований, отчасти же по данным Lilljeborg'a и Brewer'a. Рисунок 6 табл. XXVI скопирован с рис. 29 табл. I из «Révision». Автор относит *D. eiseni* к группе *Diaptomus* «strictly confined to the western part of the United States and mostly in the mountain regions» (p. 389) и полагает, что вид должен обитать и в районе между Небраской и Калифорнией.

Наконец, J. A. Cushman (Proc. of the U. S. Nation. Mus. Smits. Inst., XXXIII, 1908, p. 711, tab. LXII, fig. 5, 6)[6] сообщает о нахождении *D. eiseni* на острове Battle Harbor (восточная часть Лабрадора)[7].

Приведенные данныя показывают, что географическое распространение *D. eiseni* ограничено Северной Америкой, где, повидимому, он распространен вдоль 40° сев. шир. Нахождение его в восточном Лабрадоре, около 52° сев. шир., дает основание думать, что он встречается и в районе между указанными широтами. К сожалению, спорадичность местонахождений *D. eiseni* пока не позволяет судить с достоверностью о его действительном распространении в Северной Америке. Известно, что вся северо-американская фауна *Diaptomidae* совершенно отлична от евразиатской. До сих пор ни один из европейских или азиатских видов рода *Diaptomus* не обнаружен в Северной Америке, если не считать *D. minutus* Lill., известного также из Гренландии и Исландии. Обратно, ни одна из северо-американских форм (за исключением приведенной) не обнаружена в Евразии. В этом отношении нахождение *D. eiseni* на северо-востоке Азии представляет значительный интерес и пока стоит совершенно изолированно. Нужно отметить, как указывалось выше, что фауна *Diaptomidae* крайнего северо-востока Азии до сих пор еще почти совершенно не исследована. Было бы весьма интересным в зоогеографическом отношении выяснить, является ли нахождение там *D. eiseni* фактом исключительным, как, напр., в случае *D. minutus* Lill., или же там будут еще констатированы и другие северо-американские формы. К сожалению, крайне недостаточную исследованность фауны пресноводных *Copepoda* следует отметить и для крайнего севера Сев. Америки. Быть может, исследования этого района последней и северо-востока Азии покажут некоторую общность видового состава фаун *Diaptomus* обеих областей, но до выяснения этого вопроса трудно указать зоогеографическое значение нахождения *D. eiseni* на северо-востоке Сибири и приходится ограничиться лишь констатированием факта.

В заключение укажу признаки, на основании которых колым-

---

[6] У M. A. Tollinger'a (Die geogr. Verbreitung der Diaptomiden. — Zool. Jahrb., Syst., XXX, 1911, p. 147) данныя Cushman'a не приведены.

[7] Замечание Cushman'a (p. 711), что этот вид «is common to Europe and America, and is widely distributed in this country», не соответствует фактам

ская форма *Diaptomus eiseni* мною выделяется в самостоятельный варпетет. 1) Внешние края хвостовых ветвей лишены ряда волосков, свойственных американской форме; 2) вооружение выроста внутреннего края basale II правой ноги V пары самца отличается от такового у американской формы; 3) хватательный коготь стройный и утонченный, в то время как у последней формы он грубый и утолщенный; 4) внутренний шип 3-го членика экзоподита V пары ног самки сильно укороченный, достигающий лишь до конца передней трети внешнего края выроста 2-го членика экзоподита; 5) колымская форма отличается значительно меньшей величиной сравнительно с американской.

Несмотря на крайнюю близость описываемой формы к типичным *D. eiseni* постоянство указанных признаков дает возможность рассматривать ее как самостоятельный варпетет, таксономическое значение которого может выясниться лишь при дальнейших исследованиях как американской, так и азиатской формы.

Отд. отт. из Русск. Энтом. Обозр., XVIII, 1922.

Российская Государственная Академическая Типография

Extrait du „Bulletin de l'Institut Hydrologique" № 31, 1930.
Оттиск из „Известий Гос. Гидрологического Института" № 31, 1930.

К лимнологии Кавказа.

I. Некоторые данные по гидрологии и химизму озера Кардывач (Зап. Закавказье).

В. М. Рылов.

(Из Гидробиологической Лаборатории Госуд. Гидрологического Института).

В настоящем сообщении приводятся некоторые результаты работ лимнологической экспедиции на Кавказ, организованной в августе—сентябре 1929 г. Государственным Гидрологическим Институтом и Зоологическим Музеем Всесоюзной Академии Наук [1]). Экспедиция располагала очень скромными средствами, при которых не могла развернуть свою деятельность с большой полнотой, и производила, главным образом, работы экскурсионного типа. Нужно, впрочем, отметить, что на Кавказе, пока еще очень мало исследованном в лимнологическом (в широком смысле слова) отношении, для экскурсионной работы лимнолога, и в частности лимнобиолога, еще на долгое время открыто широкое поле деятельности, причем работа в этом направлении, при условии целесообразности и разносторонности её установки, даст ряд весьма существенных результатов.

В рассматриваемой экспедиции, помимо автора настоящей статьи, принимали участие проф. Д. А. Л а с т о ч к и н (Иваново-Вознесенск), взявший на себя исследование, главным образом, бентоса, химик А. А. М у с и н а (Ленинград), производившая все химические анализы, и Л. П. Р ы л о в а, взявшая на себя метеорологические наблюдения и помогавшая во всех работах.

Экспедиция производила исследования в следующих районах: с 6 по 14 августа в районе местечка Хосты на побережье моря (Сочинский район). Здесь подробно была исследована р. Хоста, протекающая среди богатых углекислым кальцием пород, а также ряд мелких стоячих водоемов, отчасти принадлежащих к бассейну упомянутой речки, и небольшое озерко, образуемое последней при впадении в море (в черте Хосты).

---

[1]) Небольшую субсидию мы получили, кроме того, от Ленинградского Общества Естествоиспытателей.

15 августа все участники экспедиции выехали в Красную Поляну, где были произведены сборы бентоса в среднем течении р. Мзымты и снаряжена горная экскурсия на озеро Кардывач. Утром 17/VIII караван, состоявший из трех вьючных лошадей, при двух проводниках, одном рабочем и четырех участниках экспедиции, выступил на озеро по горной тропе, хорошо известной местным жителям и наиболее проходимой при тяжелом вьючном снаряжении. От Красной Поляны до озера по этой тропе около 60 кл. Весь переход был совершен без всякого труда пешком, при исключительно благоприятной погоде. Вечером того-же дня экспедиция достигла Аульной Поляны, где расположились на ночь, а 18/VIII в 5 ч. утра продолжали путь к озеру. Сделав часовую остановку на Энгельмановой Поляне, к 4 час. дня 18/VIII экспедиция достигла озера, на берегу которого и расположилась в вместительном балагане Государственного заповедника, где была устроена походная гидрохимическая лаборатория.

На озере Кардывач экспедиция проработала по 24 августа, когда утром выступила в обратный путь той-же горной тропой и вернулась в 3½ ч. дня 25/VIII в Красную Поляну. 27 августа была совершена (при одной вьючной лошади) однодневная экскурсия на высоты Ачишхо (ок. 3000 *м*), где был обследован ряд мелких небольших озер, отчасти заболачивающихся (одно из них оказалось совершенно заболоченным).

В 6 ч. утра 29/VIII все участники экспедиции выехали из Красной Поляны на основную базу—в Хосту, куда прибыли вечером того-же дня. Вторично экспедиция пробыла в Хосте до 14 октября, продолжив исследования первой половины августа и несколько их расширив, посетивши, между прочим, Воронцовские пещеры. В середине сентября А. А. Мусина и проф. Д. А. Ласточкин закончили работы, а автор настоящей статьи, совместно с Л. П. Рыловой, выехал на пароходе из Сочи в Батум. Во время пребывания в Батуме (с 15 по 22 октября) был собран, главным образом, планктонный материал в озере Нурье-гель и в ряде водоемов ближайших окрестностей Батума, в районе Зеленого Мыса (в частности в Ботаническом саду) и Чаквы. На обратном пути на день задержались в Гаграх, где исследовали выход подземной речки Репроа. Вечером 23/IX прибыли в Хосту и через несколько дней, упаковав и отослав почтой материалы и часть снаряжения, выехали обратно в Ленинград.

Собранные экспедицией материалы в настоящее время находятся на обработке у разных специалистов. Проф. Д. А. Ласточкин взял на себя обработку бентоса, автор настоящей статьи—планктона и гидрологических данных.

Результаты работ экспедиции 1929 г. будут опубликованы в ряде специальных статей, частью подготовляемых к печати, где и будут подробно изложены методы исследования. Здесь мы коснемся последних лишь в пределах темы предлагаемой статьи.

Экспедиция располагала прекрасной складной брезентовой лодкой (см. таблицу), вмещающей двух работников. На лодке было устроено простое при-

способление с вьюшкой для спуска батометра и планктонных сетей, а также установлен поместительный плоский лоток, где выполнялись все манипуляции, связанные с работой химика непосредственно на месте,—определение pH, титрование свободной CO_2, заготовка проб на O_2, взятие образцов воды для анализа на берегу, где, в более удобной обстановке, производилось титрование на O_2, бикарбонаты CO_2 и определялось содержание SiO_2 и Fe. Все анализы на берегу выполнялись непосредственно после сбора образцов (через $^1/_2$—2 часа).

Свободный кислород определялся по методу Винклера, причем титр был проверен в день прибытия на озеро Кардывач, а в остальное время проверялся приблизительно раз в неделю.

Свободная углекислота определялась титрованием с NaOH до розовой окраски, соответствующей каждый раз отдельно приготовленному штандарту, как это изложено в статье С. А. Озерова (1927).

Бикарбонатная углекислота определялась титрованием с HCl (индикатор—метил-оранж).

Железо определялось по недавно опубликованному Сагайдачным и Равичем (1926) колориметрическому методу (с салициловой кислотой; в качестве окислителя употреблялась H_2O_2, причем закисное Fe переходит в окисное).

Кремний (SiO_2) определялся колориметрически по Винклеру (см. в статье Г. Ю. Верещагина, 1927).

Концентрация водородных ионов (pH) определялась по шкале Кларка и Лёбса, свеже изготовленной во второй половине июля в Ленинграде и проверенной электрометрически.

Прозрачность определялась диском Секки, цветность—по оригинальной скале Saccardo (1894).

Пробы воды брались батометром международного образца (изготовленным в мастерских Госуд. Гидрологического Института), снабженным двумя термометрами Рихтера, а также стеклянным батометром Руттнера с двумя крышками, с выверенным термометром на 0,°2 С. Последний батометр на глубинах до 20 *м* [1]) очень удобен, в особенности при работах с маленькой лодки, где первый батометр оказался очень громоздским. Большинство проб было взято, поэтому, Руттнеровским батометром.

Для анализа на O_2 и CO_2 брались 200 *см*^{3} воды, для кремния и железа 50 *см*^{3}. Была взята 10-литровая проба воды для подробного анализа, которая, к сожалению, была разбита при почтовой пересылке из Красной Поляны в Ленинград.

Для спуска приборов мы пользовались проолифенным, вытянутым и размеченным на полуметры линем и проволочным витым тросом красной меди

[1]) Отмечу, что сам Ruttner употребляет этот батометр и на озерах с бóльшими глубинами.

(диам. 2,5 *мм*), идущим на изготовление радио-антенн. Для наших целей этот трос был вполне надежен в смысле прочности на тяжесть, но имел крупный недостаток—ломкость на изгибах. Ввиду последнего трос приходилось применять лишь с большой осторожностью, а для промера глубин он оказался вовсе неприменимым. В большинстве случаев батометр опускался на лине, причем точность разметки проверялась по линейке (1 *м* дел. на *см*) при взятии каждой отдельной пробы.

Положение озера Кардывач и некоторые гидрологические данные.

Озеро Кардывач расположено на расстоянии около 60 *км* от Красной Поляны, в районе, относимом Мерцбахером к второй группе Понтийско-Абхазских Альп. Район этот совершенно необитаем. До 1929 г. летом, в близком соседстве с озером, на альпийских лугах находились пастбища пастухов, но с отходом района в черту Государственного заповедника выгон скота в эти места прекратился, а вместе с тем прекратилась и какая-либо возможность получить провизию на месте [1]). Высота озера над уровнем моря около 2000 *м*. Ценные сведения о местности, в которой расположено рассматриваемое озеро, мы находим в статье Е. Морозовой-Поповой (1914), где приводятся данные по морфометрии и гидрологии озера. Некоторые сведения в других литературных источниках ничего существенного к работам названного автора не добавляют, а отчасти явно неверны. Так, например, в книжке А. Григорьева (1928) для озера приведена глубина в 40 *м*—вдвое больше фактически существующей.

С трех сторон озеро окружено отрогами Главного Кавказского хребта (отчасти и его бокового хребта). На SW к озеру подходит обширный низменный берег явно моренного происхождения, представляющий собою запрудившую озеро конечную ледниковую морену. Здесь Государственным заповедником недавно выстроен упомянутый выше досчатый балаган. Основной геологический характер местности определяется мощным развитием массивных кристаллических пород. По анализам Д. С. Белянкина (см. Е. Морозова-Попова, l. c., стр. 24), эти породы принадлежат к диабазам, альбит-амфиболовым диабазам, габбро-лабрадоровым и габбро-диабазам. Отмеченные в статье Морозовой-Поповой следы ледников нами были обнаружены близ озера в изобилии. Особенно характерно присутствие явственно штрихованных и и изборожденных валунов красного гранита, ледниками перенесенного с высот главного хребта, где гранит подстилает полосой кристаллические серо-зеленые породы.

---

[1]) В озере Кардывач совершенно отсутствует рыба. Наша экспедиция не имела охотничьего снаряжения и все продовольствие взяла с собою с расчетом на неделю.

Озеро имеет очень узкую прибрежную полосу, состоящую из валунов, галек и песка, быстро опускающуюся в глубину уже на расстоянии 3—5 *м* от уреза воды.

В цитированной работе Е. Морозовой-Поповой имеется составленная К. А. Гомоюновым батиметрическая карта. Произведенные нами промеры в общем совпадают с этой картой, но глубины в 9,5 саж. (т. е. около 20,3 *м*), указываемой в работе Е. Морозовой-Поповой, мы не нашли. Найденная нами максимальная глубина оказалась равной 18 *м*. Район значительных глубин (свыше 10—12 *м*) занимает обширную площадь. Площадь озера, по вычислениям упомянутого автора, исчисляется в 34000 кв. саж. (около 155000 *м*). Озеро имеет неправильно-овальное очертание с наибольшей осью в направлении с O на W. Берега мало изрезаны; некоторое подобие двух небольших бухт с глубиною до 5—6 *м* наблюдается на южном берегу, тогда как северный и восточный берега имеют, в общем, очень мало извилистые очертания. У истока Нижней Мзымты образуется отмелый район с наносом песка и гальки, глубиной, приблизительно, 0,5—2 *м*. Непосредственно спускающихся в воду горных массивов нет.

Главным притоком озера является быстро текущая среди каменистых глыб горная речка Верхняя Мзымта, питающаяся фирновыми полями [1]) и функционирующая постоянно. Водный баланс озера регулируется в первую очередь именно этой речкой и истоком озера—р. Нижней Мзымтой. Во время нашей экскурсии (18—24 августа) хорошо функционировал другой приток в SW углу озера, показанный на эскизной карте в работе Е. Морозовой-Поповой. Показанный на той-же карте другой приток (к востоку от упомянутого) при нас едва функционировал. Кроме того мы обнаружили еще несколько вполне высохших русел притоков, которые поздней весной—в первой половине лета, несомненно, приносят в озеро значительные массы воды и вместе с нею большое количество суспендированного минерального и органического детрита. Существенно при этом отметить, что эти временные притоки стекают с местности, богатой наземной растительностью, в частности с альпийских лугов, лежащих несколько выше. Наиболее мощным из этих временных притоков, судя по обширности высохшего русла, является приток на северном берегу, стекающий с огромного горного массива, очень близко подходящего здесь к урезу воды. Близ балагана имеется периодический приток. При сухой погоде он, не достигая озера, уходит под камни в землю, наполняясь водой при дождях и тогда сообщаясь с озером, что нам и пришлось наблюдать однажды: ранним утром, при дожде, приток нес свои воды в озеро, а к полудню, когда наступила ясная погода, это сообщение прекратилось.

---

[1]) Судя по данным Е. Морозовой-Поповой и нашим наблюдениям, питание Верхней Мзымты насчет лежащих далее к NO фирновых снегов вряд ли подлежит сомнению.

Истоком озера служит мощная горная речка Нижняя Мзымта, в среднем течении которой расположена Красная Поляна. Вскоре за Кардывачем Нижняя Мзымта образует довольно мощный водопад. Весьма вероятно, что последний и препятствует прохождению рыбы, повидимому обильной в самой речке, в озеро, в котором, как упомянуто выше, рыбы вовсе нет, хотя биологические условия озера, очевидно, не препятствуют развитию в нем лососевых.

Местность, прилегающая к озеру, очень богата растительностью. Здесь мы находим массу пихт (Abies nordmanniana), очень эффектно декорирующих озеро с южной и юго-западной стороны, обильные заросли Rhododendron caucasicum, Betula verrucosa, Sorbus и др., при пышном луговом покрове и близком соседстве зоны альпийских лугов.

Происхождение озера выяснено работами Е. Морозовой-Поповой. По ее данным, прежде на месте озера находился мощный ледник, „который отложил большую конечную морену, запрудившую выход из ущелья и давшую возможность ледниковым водам образовать озеро“ (l. cit., стр. 29). Сформирование озерного ложа усложнилось влиянием масс другого ледника, лежавшего в ущелье Верхней Мзымты и оказавшего давление на данную котловину. После опускания ледника, на выпаханном ложе образовалось озеро, отделенное от нижележащей долины реки Нижней Мзымты конечной мореной, о которой упоминалось выше. Цитируемый автор высказывает весьма вероятное предположение, что ранее озеро занимало бо́льшую площадь (и было глубже), покрывая и часть современных берегов. Озеро Кардывач, таким образом, является плотинным озером ледникового происхождения.

В озере совершенно нет водных макрофитов, причем вся его прибрежная полоса лишена растительности, если не считать разбросанных кое-где скудных бурых остатков мха; зеленого мха не найдено, равно как и нитчаток.

Во время наших работ на озере Кардывач три раза в сутки производились определения барометрического давления (анероид, с поправками Главной Физич. Обсерватории), температуры воздуха (термометр-пращ) и поверхности воды у берега. Пункт, на котором производились эти измерения, лежал на W берегу озера; глубина—около 0,5 *м*. Считаем не бесполезным привести здесь (стр. 97) давление и температуру воздуха (о температурах воды—см. ниже).

Прозрачность и цвет воды, термика.

По данным Е. Морозовой-Поповой (l. cit.), в озере Кардывач на глубине 6—7 саж. (т. е., около 13—15 *м*) хорошо видно дно; прозрачность около 15 *м*. Эти данные относятся к началу июля ст. стиля 1912 года. По нашим измерениям прозрачность оказалась около 7 *м* (точнее 6,95—6,97 *м*; не удвоено), т. е. вдвое меньше, чем указанная Е. Морозовой-Поповой. Наши измерения были произведены (19/VIII) весьма точно, с применением трубы, на месте с максимальной глубиной. Неподалеку от места впадения



Фот. 1.



Фот. 2.

19/VIII	7 ч. утра 7 U. morgens	1 ч. дня 1 U. mittags	8 ч. вечера 8 U. abends
t° воздуха C° . Lufttemperatur	16,9	21,1	14,8
Давл. *мм* . Luftdruck	—	606	606
20/VIII			
t° воздуха C° .	14,4	16,9	14,8
Давл. *мм* . . .	607,5	608	608
21/VIII			
t° воздуха C° .	12,4	18,3	11,1
Давл. *мм* . . .	611,5	607,5	608
22/VIII			
t° воздуха C° .	11,7	17,6	9,4
Давл. *мм* . . .	607	—	605,5
23/VIII			
t° воздуха C° .	12,3	19,2	10,0
Давл. *мм* . . .	604,5	606	607

В. Мзымты я сделал трн определення прозрачностн на глубннах 8,10 н 15 *м*, прнчем получил еще меньшне цнфры: 5—6,2 *м*. Надо думать, что здесь поннжение прозрачностн стонт в связн с прнносом Мзымтой взвешенных мннеральных н органнческнх частнц, затем оседающих на дно. Вообще во время нашего пребывання на озере мы нигде не нашлн прозрачностн более 7 *м*. Разумеется, в теченне года прозрачность нашего озера меняется; очевидно, эти изменения пронсходят в значительных пределах, прнчем вряд-лн онн в скольлибо значительной степенн завнсят от высоты продукцин планктона [1]), так как последний в озере Кардывач беден (еслн не счнтать Diaptomus, который вряд-лн может своим развитнем обусловлнвать столь значнтельные колебання прозрачностн).

Е. Морозова-Попова отмечает, что во время ее работ на Кардываче (начало нюля ст. стнля 1912 г.) стояла холодная погода (мнннмум падал до 2° С; днем не свыше 13—18° С), с выпаденнем снега перед прнходом экскурсии. При такнх условнях (таянне снега) можно ожндать приноса в озеро с талыми водамн взвешенных частиц н, соответственно с этнм, понижения прозрач-

[1]) О планктоне озера Кардывач мною одновременно печатается специальная статья.

ности. Между тем, цифры, приводимые этим автором, очень высоки. Причина этого для меня неясна.

К сожалению, автор не указывает, насколько тщательно были произведены определения прозрачности. Существенно отметить, что нами последние были сделаны при длительной жаркой, ясной погоде и пересыхании ряда временных притоков, когда можно ожидать гораздо менее интенсивного притока аллохтонных суспендированных элементов, нежели в условиях, при которых работала на озере Е. Морозова-Попова.

По данным этого автора цвет воды, при толщине слоя в $2^1/_2$ саж. (т. е. около 5 *м*), по шкале Фореля-Улэ = 6,5 (синий, с примесью зеленого). Нами цвет определен по цветной шкале Saccardo (в подлинном издании) и выразился № 38 (glaucus) с явственным оттенком в сторону № 37 (aerugineus). При ясной погоде озеро издали имеет превосходную зеленовато-синюю окраску, очень напоминающую таковую посещенного мною осенью 1927 г. озера Гарда в Италии, но несколько более зеленую. Вообще нужно заметить, что, как и в других альпийских озерах, указанная окраска в озере Кардывач в зависимости от условий освещения меняется, приобретая то более глубокий синий, то более явственно зеленый оттенок. Между прочим, Е. Морозова-Попова (l. cit., стр. 23) отмечает, что высокие горы, окружающие озеро Кардывач с трех сторон, бросают „постоянную тень на его воды". Насколько я мог наблюдать, всегда тот или другой район озера находится в тени. Однако, освещаемость районов водной поверхности в течение дня меняется, и при солнечной погоде обычно тот или иной район оказывается освещенным солнцем, так что говорить о „постоянной" затененности озера вряд-ли возможно. Озеро Кардывач является олиготрофным водоемом (подробнее об этом я говорю ниже), бедным фитопланктоном. Цветений, вызываемых последним, в нем не бывает, а вместе с тем и нельзя ожидать планктогенно обусловленных изменений естественного цвета его воды.

Следующая табличка показывает колебания температуры (C°) близ берега, (глуб. 0,5 *м*, поверхность):

Tp-Schwankungen des Wassers im Litoral	7 ч. утра 7 U. morgens	1 ч. дня 1 U. mittags	8 ч. вечера 8 U. abends	Среднее Mittlere Tp.
19/VIII	11,25	12,6	11,6	ок. 11,8
20/VIII	11,3	12,4	11,0	„ 11,6
21/VIII	10,85	11,65	11,5	„ 11,3
22/VIII	10,8	12,6	11,5	„ 11,6
23/VIII	10,8	12,7	11,8	„ 11,8

В общем, за период исследования температура близ берега, на мелководье, колебалась от 10,8 до 12,7°. В пелагической области (глуб. места ок. 18 *м*) температура поверхности колебалась несколько менее—от 11,9 до 12,3 (разница всего 0,4°, тогда как в литорали она составляет 1,9°).

Приведем термические данные для притоков и стока озера:

Сток озера[1]) (Н. Мзымта)	12,8° C	20/VIII. 9 ч. утра
В. Мзымта[2]) (гл. приток)	6,7° „	20/VIII. 11 „ „
„ „ „ „	5,0° „	20/VIII. 5 „ „
Приток[3]) „Безымянный"	12,6° „	20/VIII. 12 ч. дня
Приток[4]) „Периодический"	15,3° „	20/VIII. 2 „ „

Главный приток озера—р. Верхняя Мзымта имеет весьма низкую температуру и несет в озеро холодную воду. Несомненно, на пути своем до озера В. Мзымта меняет свою температуру, которая в ее верховьях (фирновый снег) должна быть гораздо ниже. Факт прогреваемости этого притока ясен из двух измерений 20/VIII, когда с 5 ч. до 11 ч. утра (т. е. за 6 часов) вода в нем нагрелась на 1,7°. Оба остальных притока имеют уже гораздо более высокую температуру, причем температура Безымянного притока в общем соответствует таковой пелагической области самого озера, тогда как относительно В. Мзымты здесь наблюдается весьма значительная разница. Холодные воды В. Мзымты, втекая в озеро, быстро теряют свою первоначальную температуру. В этом убеждает нас следующий ряд измерений, произведенных 23/VIII между 8—10 ч. утра, при тихой, ясной погоде:

	t° поверхности, C	t° дна, C	Глуб. места в *м*
В. Мзымта в 2 *м* выше устья	7,2°	—	—
На 5 *м* ниже ее устья (к W. берегу)	8,0	8,8°	2
„ 10 *м* „ „ „ „	10,2	10,2	4
В 5 *м* к S от предыд.	10,2	10,2	4
На 20 *м* ниже ее устья (к W. берегу)	10,2	10,2	8
„ 30—35 *м*	10,6	9,4	15
„ 100—150 *м*	12,1	—	17

1) Ок. 40 *м* от озера.
2) Ок. 20 *м* от устья (выше его).
3) Ок. 20 *м* выше устья.
4) Временно исчезающий (см. выше).

На этом разрезе по прямой (от устья—W берегу) до расстояния около 20 *м* наблюдалось заметное течение, но на расстоянии 35 *м* от устья оно было едва заметно. Таким образом, приточные холодные (7,2°) воды В. Мзымты уже в 10 *м* от ее устья принимают температуру свыше 10, а далее, примерно метров через 100—150, поверхность имеет уже характерную в это время для пелагической области температуру, на 4,9° выше таковой притока. На расстоянии 20 *м* от устья, на глубине в 8 *м*, никаких следов термической стратификации не наблюдается, тогда как на месте с глубиной около 17,5 *м* между поверхностью и слоем в 8 *м* глубины имеется разница в 2,0 (21/VIII). Очевидно, на расстоянии 20 *м* и ближе к устью сказывается механическое перемешивание воды, причем холодные воды притока опускаются на дно, а вследствие сильного течения вся масса воды перемешивается и получает одинаковую температуру. Уже на 10—15 *м* далее наблюдается стратификация, — на глубине 15 *м* температура равна 9,4° вполне соответствуя температуре этой глубины на середине озера (глубина места около 17,5 *м*, измерение 19/VIII и 21/VIII). Существенно отметить, что температуры поверхности воды, найденные нами, относительно высокие. Е. Морозова-Попова указывает гораздо меньшую температуру поверхности,— всего в 5,5°. Это расхождение данных вполне понятно, если принять во внимание, что измерения Морозовой-Поповой были сделаны около середины июля (нов. стиля) и притом при холодной погоде, а наши—значительно позже (последняя декада августа) и при исключительно жаркой погоде. Лето 1929 г. на Кавказе вообще отличалось чрезвычайно длительной жаркой погодой и исключительной сухостью; последнее особенно сказалось на уровне озер вершины Ачишхо, посещенных нами 27/VIII, где наблюдалось очень сильное усыхание всех озер, питающихся только атмосферными осадками.

Переходим к рассмотрению вертикального распределения температур. Нижеследующие данные относятся к месту с глубиной около 17,5 *м*.

Глубина в *м*. Tiefe in *m*	T C°	
0	11,9	
		1,3
2	10,6	
		0,3
4	10,3	
		0,3
6	10,0	
		0,1
8	9,9	
		0,2
10	9,7	
		0,3
15	9,4	
		0,1
17	9,3	
		0,1
17,5	9,2	

Обращает на себя внимание сравнительно высокая (на 5,2° выше 4°) емпература придонного слоя.

Надо думать, что в термике нашего озера играют крупную роль его ритоки, в особенности Верхняя Мзымта, несущая воды с более низкой темературой, нежели температура придонного слоя даже на максимальных глубинах. Эти холодные воды, втекая в озеро, должны влиять на его термический ежим, и, в частности, на температуру придонного слоя. К сожалению, условиях нашей кратковременной работы на озере вопрос об этом влиянии и в частности о границах, в которых оно происходит в пределах озера) стался невыясненным. Особенно интересным вопросом здесь является выяснение причини сравнительно высокой (9,2°) температуры придонного слоя при довольно значительной глубине озера (18 *м*). Факт этот очень важен для онимания циркуляционных процессов в этом озере (возможность полной иркуляции при t° около 9°). Очень вероятно предположение, что воды В. Мзымты оказывают большое влияние на температуру придонного слоя в течение всего лета. Не исключена также возможность наличия в озере выходов ключевых вод (нам их обнаружить не удалось).

Из таблицы видно, что в момент наблюдения в озере имеется очень слабо выраженная стратификация температуры. Цифры показывают, что момент полной циркуляции, повидимому, имел место незадолго перед нашим посещением озера. В середине июля нов. стиля, судя по данным для 1912 г. Морозовой-Поповой для поверхности (5,5°), озеро находилось в периоде полной циркуляции. Несомненно, летняя стратификация температуры в августе в таком озере, как Кардывач, представляет явление кратковременное. Наши данные определенно говорят за то, что даже при исключительно благоприятной жаркой погоде (июль—август 1929 г.) разница температуры поверхности и дна очень невелика — всего 2,7°. Достаточно соответственного изменения температуры воздуха (2—3 дня похолодания, что в этом горном районе очень обычно), чтобы последовало охлаждение поверхностных слоев, и вместе с тем наступило состояние циркуляции (частичной или полной). Эти своеобразные термические условия, бесспорно, должны играть весьма крупную роль в вертикальном распределении химических факторов водной среды, в частности в распределении растворенного кислорода (см. ниже). Обращаясь к вышеприведенной таблице, мы видим, что лишь в самых верхних горизонтах воды имеется некоторый намек на образование скачка (термоклина). Так[1]), в слое 0—2 *м* падение температуры составляет 21/VIII 1,3°. Далее мы наблюдаем уже крайне медленное и постепенное падение температуры—глубина 2 *м* до дна (17 *м*) только на 1,4° (на протяжении 15 *м*). Разница температур для отдельных слоев приведена в таблице справа; мы видим крайне малые интервалы для двух смежных слоев.

---

[1]) Максимальная t°, наблюденная нами в пелагической области, была 12,3.

Наши данные, как сказано выше, относятся к периоду исключительно жаркой для этой области Кавказа погоды, причем нашей экскурсии предшествовали жаркие, ясные дни. Это обстоятельство существенно для термической характеристики озера. Мы работали на нем как-раз при тех условиях, когда следует ожидать максимального для этого водоема выражения термической стратификации. Вряд ли можно сомневаться, что если бы наша экскурсия состоялась в том же месяце, но при холодной погоде, мы застали бы озеро в состоянии полной гомотермии, что, очевидно, и имело место при посещении озера Е. Морозовой-Поповой в середине июля (нов. стиля) 1912 года.

В общем можно притти к тому заключению, что озеро Кардывач в термическом отношении принадлежит к водоемам с весьма неустойчивой летней стратификацией, причем явления циркуляций в нем должны играть весьма крупную роль. Вполне понятно, что при таких условиях в озере не может быть сколь-либо резко выраженного слоя скачка.

Растворенный кислород.

В притоках и в стоке содержание O_2 оказалось несколько выше нормального. Возможно, что в В. Мзымте некоторое аэрирующее влияние оказывают подушки зеленого мха, покрывающего местами камни, среди которых течет этот приток.

В Верхней Мзымте, близ ее впадения в озеро, у поверхности найдено около 104% нормального насыщения (20/VIII), в Безымянном притоке—около 106% (20/VIII), в начале Нижней Мзымты — 124%. На разрезе от устья В. Мзымты к центру озера (см. выше) найдены следующие цифры O_2: на 10 *м* ниже устья—поверхн. 6,84 *см*³/₀₀, дно 6,90 *см*³ ⁰/₀₀ (глуб. 4 *м*, t⁰ у дна и у поверхн. 10,2⁰), на 20 *м* далее—поверхн. 7,1, дно 7,1 (глуб. 8 *м*, t⁰ у дна и поверхн. 10,2⁰), на 30—35 *м* далее к центру озера—поверхн. 7,0, дно 6,96 (глуб. 15 *м*, t⁰ поверхности 10,6⁰, дна 9,4⁰).

Переходим к рассмотрению вертикального распределения кислорода. В недавно опубликованной работе Alsterberg (1929) показал, что принятый до сих пор в лимнологии метод вычисления кислорода имеет ряд существенных недостатков, могущих повести к неверному представлению о кислородном балансе. Здесь я не останавливаюсь на методе, предложенном Альстербергом, отсылая к цитированной статье последнего. Должен отметить, однако, что некоторые положения автора вызывают у меня сомнения. Константу для насыщения он вычисляет для 4⁰,—т. е. для температуры полной циркуляции, когда вся толща воды нормально (для этой температуры) насыщена кислородом. По этой константе автор, далее, вычисляет абсолютный дефицит O_2. При вычислении константы по таблице Birge a. Juday (1912) делается поправка на среднее для данной местности давление. Подобный прием правилен, если исходить из того положения, что полная циркуляция имела место действи-

тельно при 4° и что за ней не следовало циркуляций при несколько более высоких температурах. Для ряда глубоких водоемов (напр., для многих озер) это может считаться справедливым. Однако, бывают случаи, когда полная циркуляция имеет место при иных температурах, выше 4°. Для мелких водоемов (и при том для таких, в коих наблюдается правильное чередование периодов циркуляций и периодов стагнаций) такие случаи наблюдались и, по всем вероятиям, представляют очень обычную вещь. Такой пример мы находим для Кристателлевого пруда в окрестностях Ст. Петергофа (см. Рылов, 1927), где 24/IX 1921 г. близкое к нормальному насыщению содержание O_2 на всех глубинах (до 2,5 *м*—глуб. места ок. 3 *м*) наблюдалось при полной циркуляции при $t^0 = 9,5^0$. В другом пруде (Тритоний) в той-же местности 17/V у поверхности и у дна отмечена $t^0 = 11,8^0$ и ок. 122% O_2 во всей толще воды. Возможность полных циркуляций при температуре выше 4° не исключена и для озер. Озеро Кардывач, как указывалось выше, представляет именно такой водоем.

В августе (см. выше) у дна (на глубине ок. 17 *м*) здесь мы имеем $t^0 = 9,3^0$, при t^0 поверхности 11 — 12°. Достаточно охлаждения поверхности на несколько градусов, чтобы возникла полная циркуляция. Вместе с тем, при метеорологических условиях местности этого озера подобное понижение температуры воздуха (и притом на несколько дней) может быть даже во второй половине лета. По всем вероятиям, подобные циркуляции в озерах высокогорных местностей далеко не являются редким исключением. При таком положении дела, метод вычисления абсолютного дефицита, предложенный Альстербергом, вряд-ли приложим. Для вычисления абсолютного дефицита здесь надо было бы определить константу насыщения для температуры, при которой имела место последняя полная циркуляция, с момента которой до момента взятия пробы кислорода и должен определяться абсолютный дефицит. Второе соображение, которое я мог-бы здесь высказать, это вопрос о степени насыщения O_2 в период полной циркуляции. Нельзя оспаривать, конечно, что в этот период мы весьма часто имеем состояние, близко к нормальному насыщению. Но является-ли это общим правилом? Можно думать, что в том случае, если в период циркуляции процессы потребления O_2 будут преобладать над процессом его поступления, в итоге насыщение всей толщи воды окажется менее теоретически вычисленного (для данной температуры). Очень возможно, что в мелких водоемах, богатых органическими веществами, подобное явление не так уже редко; не исключена возможность этого и для озер. Так, например, для Sakrower-See (Schickendantz, 1910) при t° у дна = 3,99° и у поверхности 4,04° найдено 65% O_2 на глубине 35 *м* (дно) и около 66% у поверхности. Для северо-американских озер аналогичные данные можно найти в классической работе Birge a. Juday (1911). В упомянутом уже выше Кристателлевом пруде 17/X при полной гомотермии (7,6° у поверхности и у дна) мною было найдено лишь 60,5 % нормального насыщения O_2 (Рылов, 1927). Теоретически возможен и обратный процес—пересыщения O_2 на-

счет деятельности фитопланктона, коль скоро последний будет находиться в высокой фазе количественного развития в период полной циркуляции.

Рассмотренные условия представляют нам вычисление константы насыщения при полной циркуляции в несколько более сложном виде. Предложенный Альстербергом метод вычисления этой постоянной, следовательно, вряд-ли может без оговорок распространяться на все конкретные случаи.

Переходя специально к озеру Кардывач, где возможна полная циркуляция и при температуре свыше 4°, весьма существенно было бы знать те термические условия, при которых происходила полная циркуляция, предшествовавшая времени нашего исследования.

Эти условия, однако, нам неизвестны. При таком положении дела вычисление абсолютного дефицита для нашего озера пока может быть только условным и провизорным. Не имея возможности ввести поправку на вычисление константы насыщения, о которой речь была выше, я вполне условно принимаю, что последняя полная циркуляция в нашем озере имела место при 4°, т. е. следую здесь методике Альстерберга без соответственной поправки. Среднее давление для Кардывача нам неизвестно, и вычислить его теоретически сколь-либо точно в данном случае вряд-ли возможно. Я беру для нижеследующих вычислений среднее давление за время нашего пребывания на озере, равное 607 *мм* (среднее давление для каждых трех в течение суток определений колебалось с 19 по 23/VIII с 605,6 до 609 *мм*, минимум 604,5, максимум 611,5 *мм*). Допускаемая при этом ошибка вряд-ли сколь-либо значительна. Тогда, исходя из таблицы Birge and Juday (1912, при 4° и 760 *мм* 9,26 *см* ⁰/₀), наша константа насыщения для t° = 4° определяется в 7,40 *см*³. Пример этот, между прочим, показывает, насколько существенно именно в горных местностях принимать во внимание давление (см. Alsterberg, 1929; Lundberg, 1929).

Нижеследующая таблица составлена согласно методике Альстерберга, в ней фигурируют величины, принимаемые этим автором: фактически наблюдаемые концентрации O_2 („faktisch beobachtete Werte der O_2-Konzentration“), коэффициенты насыщения O_2 при температурах данного слоя, корригированные на давление, абсолютный дефицит („absolutes O_2-Defizit“) и активный дефицит („aktuelles O_2-Defizit“).

Фиг. 1 (стр. 106) представляет кривые для t° и вышеприведенных величин O_2.

Несмотря на условность наших вычислений O_2, общий ход кислородной кривой и кислородный тип озера Кардывач выясняется довольно определенно. В третьей декаде августа озеро очень богато кислородом, — во всех слоях содержание O_2 близко к нормальному насыщению. Наиболее высокий дефицит O_2 мы находим в придонных слоях (15 *м* — 1,10 *см*³, 17 *м* — 1,22 *см*³). Максимальный расход O_2 именно в этих слоях устанавливается и в том случае, если последнюю циркуляцию принять при 10° [1]). Тогда константа насыщения

[1]) То же самое получается и при общепринятом до сих пор методе вычисления кислорода (в % нормального насыщения).

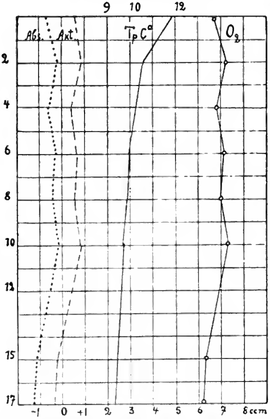
Глубина в м. Tiefe in m	t° слоя Tp. C°.	O_2 см³ ‰ O_2 cm³. ‰	O_2-коефф. насыщения O_2-Absorptionskoeff. cm³. ‰	Акт. деф. O_2 Aktuelles O_2-Defizit cm³ ‰	Абс. деф. O_2 Absolutes O_2-Defizit cm³ ‰
0	11,9	6,72	6,16	+ 0,56	— 0,68
2	10,6	7,20	6,33	+ 0,87	— 0,20
4	10,3	6,80	6,37	+ 0,43	— 0,60
6	10,0	7,10	6,42	+ 0,68	— 0,30
8	9,9	7,00	6,43	+ 0,57	— 0,40
10	9,7	7,30	6,46	+ 0,84	— 0,10
15	9,4	6,30	6,51	— 0,21	— 1,10
17	9,3	6,18	6,52	— 0,34	— 1,22

определится в 6,41 *см*, а абсолютный дефицит для глубины 15 *м* в—0,11 *см*³ и для глубины 17 *м* в—0,23 *см*³, в то время как до глубины 10 *м* включительно абсолютные дефициты для отдельных слоев примут положительные значения (небольшие насыщения). Наши данные, таким образом, вполне доказательны в том отношении, что устанавливают расход O_2 в придонном слое, очевидно насчет деятельности иловых отложений (см. ниже). При обоих константах, однако, этот расход (в третьей декаде августа!) надо признать не очень значительным, — получается обычная для олиготрофных озер картина относительно малого потребления O_2 в придонном слое. Фактическая величина абсолютного дефицита, по причинам, указанным выше, определена быть не может; несомненно лишь, что она лежит где-то между —1,22 *см*³ ‰ и —0,23 *см* ‰ (для слоя 17 *м*).

Нельзя также установить вполне точно величину дефицита для вышележащих слоев. Если принять константу насыщения для 4°, то здесь получаются абсолютные дефициты с отрицательным знаком, т. е. некоторое (сравнительно с придонным слоем, однако, гораздо менее значительное) потребление O_2. Если оно фактически существует, то его можно объяснить различно— деятельностью зоопланктона (решительное преобладание рачка Diaptomus acutilobatus Sars, — типичная картина „Diaptomus“-планктона) или потреблением O_2 насчет взвешенного органического детрита, приносимого притоками и потребляющего на окисление кислород еще до осаждения на дно водоема; разумеется, оба фактора могут в одном и том-же направлении действовать одновременно.

Если взять константу насыщения для 10°, то, как сказано выше, мы получаем до глубины 10 *м* небольшие пересыщения O_2; объяснить их фотосинтезом фитопланктона, в виду его ничтожной продукции, здесь вряд-ли воз-

можно. Влияние макрофитов для нашего озера исключено совершенно. Если-бы нам была известна температура, при которой происходила предшествующая нашим работам на озере полная циркуляция, то, весьма вероятно, вычисление по соответствующей этой температуре константе насыщения дало бы цифры, гораздо ближе стоящие к нормальному насыщению (мы говорим о слое до глубины около 10 *м*).



Фиг. 1. Вертикальное распределение температуры и кислорода в озере Кардывач 21/VIII — 1929 г. Обозначения: —— температура C°, o—o содержание O_2 *см*^{3} $^0/_{00}$, ■■■■ абсолютный дефицит O_2 *см*^{3} $^0/_{00}$, — — — — активный дефицит O_2 *см*^{3} $^0/_{00}$.

Fig. 1. Vertikale T-(C°) und O_2-Verteilung im Kardywatsch-See 21/VIII-1929 (s. Tabelle). Bezeichnungen: —— Temperatur, o — o beobacht. O_2-Gehalt in *cm*^{3} $^0/_{00}$, ■■■■ absolutes Defizit (*cm*^{3} $^0/_{00}$), — — — — aktuelles Defizit (*cm*^{3} $^0/_{00}$). Der O_2-Absorptionskoeffizient für den Luftdruck (607 *mm*) korrigiert. Primärkonstante = 7,40 *cm*^{3} $^0/_{00}$ (bei 4°C und 607 *mm*).

Углекислота, концентрация водородных ионов и кремний; олиготрофность озера Кардывач.

В следующей таблице приведены данные для серии 21/VIII (глубина места около 17 *м*).

До глубины 10 *м* мы имеем фактически одни и те же количества свободной углекислоты (1,0—1,2 *мгр* $^0/_{00}$)—разница в ее количествах для поверхности и слоя 10 *м* совершенно ничтожна. На глубине 15 *м* количество свободной CO_2 явно возрастает (почти вдвое). Надо думать, что это нарастание начинается еще выше 15 *м* (в слое 10—15 *м*). Наконец, у дна мы имеем 3,5 *мгр*—в 3½ раза более, чем в поверхностном слое. Это накопление свободной CO_2 в придонном слое идет параллельно потреблению здесь растворенного кислорода. Рассматриваемый процесс вполне можно объяснить деятельностью ила. Све-

Глубина в м. (Tiefe in m)	Св. CO_2 (Freie CO_2)	Бикарб. CO_2 (Bic. CO_2) мгр. °/₀₀	pH	SiO_2 мгр. °/₀₀
Поверхность (Oberfläche)	1,0	16,38	7,5	3,6
2	1,2	17,55	7,5	3,6
4	1,2	18,25	7,5	3,8
6	1,2	18,72	7,5	4,0
8	1,2	18,72	7,5	4,0
10	1,2	17,55	7,4	4,0
15	2,3	17,55	7,3	3,6
17	3,5	17,55	7,2	3,6

дения о последнем я даю в другой работе (о планктоне) по озеру Кардывач. Здесь отмечу лишь, что иловые отложения этого озера, и в частности на его максимальных глубинах, никак нельзя назвать бедными органическим веществом. Ил имеет явно копрогенное происхождение и состоит из массы экскрементов Oligochaeta и личинок Chironomidae, с примесью большого количества коричневого бесформенного рыхлого органического 'детрита, который, очевидно, в значительной степени является копрогенным (фрагменты экскрементов). Кроме того, в поверхностных слоях ила мы находим в большом количестве трубки (и их фрагменты) Chironomidae (и, вероятно, Oligochaeta) и в заметном количестве явно аллохтонные компоненты (остатки наземных растений), приносимые в озеро притоками и затем оседающие на дно. Этот материал и представляет, очевидно, основной пищевой рессурс для донной фауны, в результате деятельности которой вырабатывается копрогенный характер иловых отложений. Напротив, как и следовало ожидать, планктогенный элемент в образовании рассматриваемого ила принимает очень скромное участие.

Вряд-ли можно сомневаться в том, что столь богатый органическим веществом (и притом копрогенный) ил является агильным и что в нем протекают процессы разложения, в результате которых потребляется кислород и выделяется свободная углекислота.

Как и для кислорода, мы и для свободной CO_2 должны отметить факт сравнительно очень небольших изменений ее количества с момента полной циркуляции. Говорить о сколь-либо значительном накоплении свободной CO_2 в придонном слое здесь не приходится. Относительно этого газа я также склонен думать, что столь небольшое количество его в придонном слое вряд-ли можно ставить в связь (как это нередко делается для олиготрофных озер)

с якобы слабо развивающимися процессами разложения ила. Напротив, характер ила нашего озера противоречит такому предположению. Основной причиной рассматриваемого явления в данном случае служит своеобразный режим озера, способствующий аэрации его придонных слоев.

Как показывают наши данные по pH, вода озера Кардывач имеет очень слабую щелочную реакцию; даже в поверхностных слоях сдвиг вправо от нейтрального пункта ничтожен. Начиная с глубины 10 *м* замечается понижение щелочности, которое постепенно возрастает к дну, где pH = 7,2. К сожалению, мне не удалось взять безукоризненно пробу близ самого дна, где, возможно, pH немного менее 7,0. Таким образом, озеро Кардывач является олиготрофным озером с pH > 7, что противоречит таблице E. Naumann'a (1929, S. 197), по которой олиготрофные (s. str.) озера имеют pH ≦ 7.

По прочим признакам, фигурирующим в этой таблице, наше озеро можно поставить только в ряд олиготрофных s. str. в смысле цитируемого автора. Правда, нам неизвестно содержание в нем P и N. Однако, судя по геологии местности (кристаллические плотные породы) и по продукции фитопланктона (нет цветений), вряд ли можно сомневаться, что в данном случае мы имеем олиготип N или P (возможно, обоих). Судя по бикарбонатной CO_2, озеро Кардывач, несомненно, имеет олиготип Ca (что, впрочем, ясно и из геологических данных). Анализ на железо, произведенный в разных пунктах озера (до максимальной глубины включительно), дал отрицательные результаты—железа не обнаружено вовсе.

Цвет воды озера ясно указывает на олиготип гуминовых веществ (анализа на окисляемость не делалось). Конечно, наше озеро нельзя отнести к аргиллотрофным по терминологии Naumann'a; положение этой категории озер в типологический классификации мне, впрочем, вообще кажется очень проблематичным и мало обоснованным.

Приведем данные по pH стока и притоков озера.

В начале стока (Н. Мзымта, близ озера) pH = 7,5, в Верхней Мзымте (ряд пунктов) pH = 7,5, в Безымянном притоке (ряд пунктов) pH = 7,5, в периодическом притоке (близ балагана) pH = 7,8. Последний приток может оказывать на воду озера лишь ничтожное влияние. В общем, pH всех притоков, которые во время нашей экскурсии несли воды в озеро (и, что особенно существенно, Верхней Мзымты), вполне соответствует pH самого озера до глубины ок. 10 *м*.

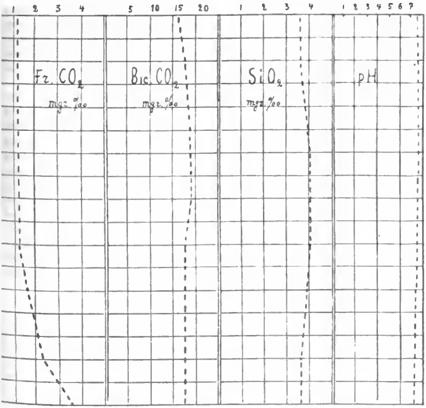
При полном отсутствии макрофитов и ничтожной продукции фитопланктона трудно было и ожидать, чтобы в озере произошло изменение pH вправо (в сторону щелочности). Понятна отсюда и величина pH для стока, точно совпадающая с таковой для озера и главного притока.

Переходим к рассмотрению бикарбонатной углекислоты.

Мы видим очень близкие и притом сравнительно очень небольшие количества бикарбонатов на всех глубинах, состояние, близкое к таковому во время

полной циркуляции. Для другой серии, взятой на бик. CO_2 19/VIII на месте с глубиной ок. 17 *м* (несколько к W от серии 21/VIII), мы получили следующие цифры.

Поверхность 19,89, 2 *м* 19,89, 4 *м* 17,55, 6 *м* 18,72, 8 *м* 18,72, 15 *м* 16,38, 16,5 *м* 16,38 *мгр* ‰. Цифры в обоих случаях очень



Фиг. 2. Вертикальное распределение свободной и бикарбонатной углекислоты, кремния и pH в озере Кардывач 21/VIII 1929 г.
Fig. 2. Vertikale Verteilung der freien CO_2, bic. CO_2, SiO_2 und pH im Kardywatsch-See am 21/VIII 1929.

близки. В обоих сериях отмечено некоторое повышение содержание бикарбонатов в слое 6 *м* и 8 *м*, тогда как выше (4 *м*) и ниже (10—15 *м*) наблюдается его понижение. В обоих случаях у дна содержание бикарбонатов меньше, чем в слое 6—8 *м*. Причины этого явления, которое вряд-ли можно

объяснить просто ошибкой при титровании с HCl (совпадение данных для двух серий), для меня неясны. Вряд-ли здесь могло играть какую-либо роль вертикальное распределение продуцентов планктона. Отметим, что и для SiO_2 в слое 6—10 *м* отмечены максимальные количества, а у дна несколько меньшее содержание SiO_2. Для серии от 19/VIII для глубины 0, 4, 6 и 8 *м* отмечено по 2,8 *мгр*⁰/₀₀ SiO_2, на глубине 10 *м*—3,6 *мгр*, на глубине 15 *м*—3,2 *мгр*, а у дна 2,8 *мгр*. Хотя положение слоев с максимальным содержанием SiO_2 в обоих сериях не вполне совпадает (полного совпадения, впрочем, вряд-ли и можно было ожидать), однако в обоих случаях такой слой имеется на лицо (в первом случае 6—10 *м*, во всяком 10—15 *м*), причем содержание SiO_2 у дна в обоих сериях несколько понижается, становясь равным таковому верхних слоев воды. Это понижение в обоих сериях замечается уже в слое 15 *м* (сравнительно с слоем 10 *м* понижение на 0,4 *мгр*). Вообще можно было ожидать некоторого повышения содержания кремния в придонных слоях, а не его понижения. В недавно вышедшей работе S. Yoshimura (1930), посвященной специально кремнию в японских озерах, при летней стратификации отмечается повышение содержание SiO_2 в направлении от поверхности к дну. Автор приводит ряд таких случаев для нескольких японских озер. Наши данные, как мы видим, стоят в противоречии с наблюдениями Yoshimura, в точности которых, конечно, сомневаться не приходится. Единственное предположение, которое я мог-бы, конечно провизорно, высказать о некотором понижении содержания SiO_2 у дна (в двух сериях, взятых в разные дни!), заключается в том, что часть растворенного SiO_2 расходуется донными диатомовыми [1]), обитающими, как показало исследование ила, в заметных количествах в поверхностном слое отложений на глубине 16—18 *м*. Вопрос этот, разумеется, весьма сложен и требует специальных исследований.

Приведем данные для бикарбонатов и кремния для стока и притоков озера. В Нижней Мзымте (сток, близ озера) бик. $CO_2 = 17{,}55$ *мгр* ⁰/₀₀, $SiO_2 = 4$ *мгр* ⁰/₀₀. В Верхней Мзымте (ряд пунктов) бик. $CO_2 = 19{,}9$ *мгр* ⁰/₀₀, $SiO_2 = 4$ *мгр* ⁰/₀₀. В Безымянном притоке бик. $CO_2 = 14{,}0$ *мгр* ⁰/₀₀, $SiO_2 = 4$ *мгр* ⁰/₀₀. В периодическом притоке (близ балагана) $SiO_2 = 4$ *мгр* ⁰/₀₀, но для бик. CO_2 найдена гораздо более высокая цифра—30,0 *мгр* ⁰/₀₀ (при $pH = 7{,}8$).

В общем, в озеро Кардывач втекают воды с почти одинаковым для самого озера содержанием SiO_2 и бикарбонатов.

Как сказано выше, периодический приток, функционируя только при дождливой погоде, не может играть сколь-либо значительной роли в химизме озера.

---

[1]) Конечно, в придонном слое параллельно идет и обратный процесс—растворения створок диатомовых и поступления SiO_2 в воду.

Некоторые замечания о газовом режиме придонного слоя олиготрофных водоемов.

В заключение настоящей статьи я позволю себе коснуться одного, по юему мнению существенного для биологии олиготрофных озер, вопроса. Общепринято думать, что иловые отложения озер олиготрофного типа бедны органическими веществами и не способны к распаду (точнее — гораздо менее ктуальны в этом отношении, чем илы евтрофных озер). В известной книге \. Thienemann'а (1926) буквально сказано, что ил глубин олиготрофных зер „arm an organischer Substanz, nicht faulend" (S. 201). Далее (S. 202) втор отмечает для олиготрофных озер „keine oder minimale Fäulnisprozesse m Tiefenschlamm". Принимается также, что для озер рассматриваемого типа арактерно минимальное содержание суспендированного детрита („suspendierter Detritus... nur minimal vorhanden", l. cit., S. 201). Между прочим, в таблице типов озер указанного автора ничего не говорится об аллохтонном детрите в олиготрофных озерах; для дистрофного типа, вместе с тем, отмечается „suspendierter Detritus... allochton (Humusstoffe) reich" (l. cit., S. 201).

Разумеется, нет оснований оспаривать полную справедливость этих положений для многих озер олиготрофного типа, хотя я не могу не отметить здесь, что, насколько мне известно, фактически мы крайне мало знаем о поглотительной способности (относительно кислорода) глубинного ила озер этого типа. Недавно вышедшая работа G. Lönnerblad (1930) показала, что донный ил типа дю и дю-гиттин в дистрофных озерах Швеции (район Aneboda) поглощает кислород весьма интенсивно.

Очень возможно, что и „Detritusgyttja", отмечаемая E. Naumann'ом в качестве характерного отложения олиготрофных озер s. str. (в смысле этого автора), окажется в значительной степени способной к поглощению O_2. Конечно, в разных озерах, при разной структуре ила, эта способность может быть в различной степени выражена в пределах олиготрофного типа озер.

К озеру Кардывач, которое, несомненно, является резко выраженным олиготрофным озером, эти соображения о детрите и иловых отложениях вряд-ли приложимы. Прежде всего надо отметить, что принос аллохтонных компонентов (и в том числе органических) в этом озере должен быть весьма интенсивным, особенно, вероятно, в первой половине лета, когда в озеро втекает масса вод, несущих эти компоненты с суши. Иловые отложения Кардывача ясно указывают на этот процесс заноса аллохтонного органического материала, идущего на формирование ила.

В самом озере такого материала не имеется—макрофиты отсутствуют, планктон беден и в образовании ила принимает минимальное участие. В нашем озере, таким образом, основной запас органического детрита является аллохтонным (поступает со стороны)—картина, близкая к той, которая ха-

рактериа для дистрофных озер, где ил (типа дю) образуется насчет аллохтонного элемента. Между прочим, Pesta в своей книге о высокогорных альпийских озерах (1929) для своего „панолиготрофного" типа озер отмечает возможность присутствия суспендированного детрита именно экзогенного происхождения (l. cit., S. 137) и даже говорит о возможности зарастания таких озер насчет приноса аллохтонного детрита („durch Zufuhr allochthonen Detritus", S. 138), причем озеро переходит в евтрофный мелкий водоем [1]).

Озеро Кардывач показывает нам, что при известных климатических и оро-гидрографических условиях, олиготрофные озера могут быть отнюдь не бедными агильным органическим илом, имеющим аллохтонное происхождение,— прекрасный пример зависимости озера, и в частности его биологии, от окружающей местности.

Вместе с тем, как уже упоминалось выше, слабое потребление кислорода в придонном слое летом, в периоды стагнации, получает иное объяснение, нежели обычно принятое для олиготрофных озер. Дело здесь, очевидно, не в том, что иловые отложения не поглощают кислорода сами по себе, а в том, что, благодаря суммарной длительности периодов полных циркуляций и кратковременности периода летней стагнации, кислород не успевает поглотиться илом в сколь-либо значительном количестве. Разумеется, подобное объяснение отнюдь не может быть распространено вообще на все олиготрофные озера; мы располагаем большим фактическим материалом, не допускающим подобного обобщения. Но для ряда таких озер это объяснение весьма вероятно. В частности, в Альпах, и вообще в высокогорных местностях, озера, подобные озеру Кардывач, не представляют, вероятно, исключительного явления.

Цитированная литература.

Alsterberg, G. Über das aktuelle und absolute O_2-Defizit der Seen im Sommer Botaniska Notiser, Lund, 1929.

Birge, A. E., and Ch. Juday. The inland lakes of Wisconsin. The diss. gases of the water a. their biol. significance. Bull. N. XXII (Sc. ser. № 7) of the Wisconsin Geol. a. Nat. Hist. Survey, 1911.

Birge, A. E., and Juday Ch. A limnological study of the Finger Lakes of New-York. Bull. of the Bureau of Fisheries, XXXII, 1912.

Григорьев, А. Курорты Северного Кавказа. Красная Поляна. Изд. „Сев. Кавказ". Ростов-Дон, 1928.

Lönnerblad, G. Über die Sauerstoffabsorption des Bodensubstrates in einigen Seentypen. Botaniska Notiser, Lund, 1930.

[1]) Автор считает, что для панолиготрофного типа озер характерен глубинный ил, который „sehr arm an organischer Substanz, nicht faulend"; последнее мне не кажется фактически доказанным. Вместе с тем я нахожу, что „панолиготрофный" тип не может считаться вполне обоснованным автором.

Lundberg, F. Ueber bie Sauerstoffschichtung der Seen im Sommer. Ibidem, Lund, 1929.

Морозова-Попова, Е. Верховья р. Мзымты на Кавказе (озеро Кардывач). Зап. Новоросс. Общ. Ест., т. XL, 1914 (см. также статью этого автора в Зап. Крымско-Кавказск. Горного клуба, вып. 4, 1913).

Naumann, E. Einige neue Gesichtspunkte zur Systematik der Gewässertypen, mit besond. Berücksichtigung der Seentypen. Arch. f. Hydrobiol., Bd. XX, 1929.

Озеров, С. А. и др. Химические методы. Стандартные методы исследов. питьевых и сточных вод. Изд. Пост. Бюро Всес. Водопров. и Санит.-Технич. Съездов, Москва, 1927.

Pesta, O. Der Hochgebirgssee der Alpen. Die Binnengewässer, Bd. VIII, Verl. E. Schweizerbart, Stuttgart, 1929.

Рылов, В. Исследования над планктоном прудов окр. Петергофского Ест.-Научн. Института. Тр. Петерг. Ест.-Научн. Инст., № 4, 1927.

Saccardo P. Chromotaxia seu nomenclator colorum. Ed. II, 1894.

Сагайдачный, А., и Равич, М. Колориметрический метод определения железа. Журн. Русск. Физико-Химич. Общ., т. LVIII, в. 8, 1926.

Schickendanz, G. Temperaturen und Sauerstoff im Sakrower-See bei Potsdam. Int. Rev. d. ges. Hydrob. u Hydrogr., Bd. III, H. 1—2, 1910.

Thienemann, A. Die Binnengewässer Mitteleuropas. Die Binnengewässer, Bd. B, Verl. E. Schweizerbart, Stuttgart, 1926.

Yoshimura, S. Seasonal variation of Silica in Takasuka-Numa, Saitama. Japanese Journ. of Geol. and Geography, vol. VII, № 3/4, 1930.

Верещагин, Г. Гидрохимич. наблюд. в южном Байкале летом 1926 года. Доклады Академии Наук СССР, № 20, 1927.

Объяснение таблицы. Tafelerklärung.

(Фот. В. Рылов). (W. Rylov phot.).

1. Озеро Кардывач, VIII 1929. Зап. часть озера. Слева низкий берег, являющийся конечной мореной (на нем балаган Гос. заповедника). Справа—высохшее русло одного из наиболее мощных временных притоков, несущих воду с горных лугов. За небольшим мыском (с группой берез) на заднем плане находится начало стока озера (Нижняя Мзымта).

Der Kardywatsch-See, VIII 1929. W-Teil des Sees. Links—flaches Ufer, welches eine Endmoräne darstellt. Rechts—der ausgetrocknete Zufluss, welcher besonders mächtig war und Wasser von den Alpenwiesen zuführte.

2. Озеро Кардывач, VIII 1929. Складная брезентовая лодка (тип каяка), которая служила во время работ на озере. Простая установка для спуска (замыкающаяся сеть Джеди). Ein Faltbot (vom Kajaktypus), welches bei den Arbeiten am Kardywatsch-See benutzt wurde. Einfache Aufrollvorrichtung (quantitatives Schliessnetz nach Juday).

Zur Limnologie des Kaukasus.

Einige Angaben über Hydrologie und Chemismus des Kardywatsch-Sees (West-Transkaukasien).

von W. M. Rylov.

(Zusammenfassung).

Der Verfasser stellt die Resultate der hydrologischen und chemischen Untersuchungen des Kardywatsch-Sees (West-Transkaukasien), Bezirk von Krassnaja Poljana zusammen, welcher 18—24 VIII 1929 während der limnologischen Expedition [1]) nach dem Kaukasus besucht wurde. Die vorliegende Arbeit hat den folgenden Inhalt:

1. Allgemeine Angaben über die Tätigkeit der Expedition. Expeditionsausrüstung, Methodik der Untersuchung. Marschrute der Expedition.

2. Allgemeine Daten über den Kardywatsch See. Lage des Sees, geologische Charakteristik der Gegend, Herkunft des Sees, Tiefen etc.

3. Thermik des Sees. Vertikale Temperaturverteilung. Sichttiefe und Wasserfarbe.

4. Sauerstoffverhältnisse. Bei O_2 Berechnung wird die Methodik Alsterberg's (1929) verwendet. Kritische Bemerkungen über diese Methodik. Sauerstoffdefizit und Vollzirkulation im Sommer.

5. Freie CO_2, Bikarbonate, SiO_2 und pH.

6. Einige Bemerkungen über die O_2 Verhältnisse der Bodenschicht in den oligotrophen Gewässern im Sommer. Die an organischem Material reichen Schlammablagerungen (allochthoner Herkunft) in oligotrophen Seen und deren Rolle im O_2 Verbrauch in der Bodenschicht.

Die Hauptdaten über den Kardywatsch-See sind folgende.

Der See liegt ca 2000 *m* üb. d. M. Die Oberfläche beträgt ca 155000 *m*. Grösste Tiefe ca 18 *m*. Es ist keine Makrophyten-Vegetation vorhanden; die Ufer sind steinig und z. T. sandig. Sichttiefe ca 7 *m*. Der See wird permanent von dem schnell fliessenden Zufluss dem oberen Msymta gespeist; äusserdem sind einige temporäre Zuflüsse vorhanden. Den Abfluss bildet der Gebirgsfluss, der untere Msymta.

Die thermischen Verhältnisse sind aus der Tabelle S. 106 ersichtlich. Die Bodentemperatur (17,5 *m*) beträgt 9,2°C. Die Stratifikation ist nur sehr unbedeutend ausgeprägt. Sogar in der zweiten Hälfte des Sommers sind Vollzirkulationen möglich.

Der See ist sauerstoffreich (s. Tabelle S. 105, 106). In der zweiten Hälfte August finden wir einen ganz unbedeutenden O_2 Verbrauch in der Bodenschicht, was

[1]) Diese Expedition wurde vom Hydrologischen Staatsinstitut (Leningrad) und dem Zoologischen Museum der Akademie der Wissenschaften USSR organisiert.

durch sommerliche Vollzirkulatione bedingt wird. Die vertikale Verteilung der übrigen chemischen Faktoren ist aus der Tabelle S. 107, 109 ersichtlich.

Der See ist Ca-oligotroph und nur unbedeutend alkalisch (pH 7,2—7,5); er ist extrem oligotroph, obwohl seine Schlammablagerungen, welche vor allem allochthoner Herkunft sind, sehr reich an organischer Substanz sind und einen sehr scharf ausgeprägten koprogenen Charakter haben. Es ist ja kaum denkbar, dass ein solcher Schlamm den O_2 nur in geringem Grade absorbieren kann. Dementsprechend ist es unmöglich den grossen O_2-Gehalt in der Bodenschicht (im August) durch die geringe Aktivität des Schlammes, wie es gewöhnlich angenommen wird, zu erklären.

Die in dieser Arbeit angeführten Angaben werden auch in einer ausländischen Zeitschrift publiziert. (Arch für Hydrobiologie, Bd. XXII).

Оттиск из „Записок ГГИ“, т. V, 1931.
Extrait des „Mémoires de l'Institut Hydrologique“, vol. V, 1931.

К лимнологии Кавказа.

II. Зоопланктон и некоторые данные об иловых отложениях озера Кардывач.

В. М. Рылов.
(Из Гидробиологической лаборатории Государственного Гидрологического института).

В настоящем очерке излагаются результаты исследования планктона и иловых отложений озера Кардывач, посещенного мною в августе 1929 г. во время работ экспедиции на Кавказ, снаряженной Государственным Гидрологическим институтом и Зоологическим музеем Всесоюзной Академии наук. Подробно об этой экспедиции говорится в другой моей статье [1]), посвященной гидрологии озера Кардывач. Здесь отмечу лишь, что на озере мы [2]) пробыли с 19 по 24 августа при исключительно благоприятной, ясной и теплой погоде, что очень облегчало исследование.

В цитируемой статье приводятся подробные сведения об озере. Здесь ограничимся лишь самым необходимым. Озеро Кардывач расположено километрах в 60 (горной тропы) от Красной Поляны, на высоте около 2000 *м* над уровнем моря. Найденная нами наибольшая глубина оказалась равной 18 *м*. Район глубин свыше 10—12 *м* занимает значительную площадь дна. Берега совершенно голые, каменистые и песчаные; мелководное побережье очень узкое, так что заметные глубины начинаются большей частью уже в 3—5 *м* от уреза воды. Площадь озера около 155000 $м^2$. Береговая линия слабо изрезанная. Главным притоком, питающим озеро, является быстро текущая речка Верхняя Мзымта, берущая начало несколько выше из фирновых снегов. Имеется еще ряд притоков, во время жаркого лета большей частью пересыхающих, но в первой половине лета несущих в озеро большие массы воды. Стоком озера служит речка Нижняя Мзымта, в среднем течении которой расположена Красная Поляна. В озере совершенно нет макрофитов, прибрежная полоса свободна от них. Окружающая озеро местность, напротив, очень

[1]) В. М. Рылов. К лимнологии Кавказа. I. Некоторые данные по гидрологии и химизму озера Кардывач. Изв. Г. Г. И., № 31, 1930.

[2]) В экспедиции на Кардывач, кроме меня, приняли участие А. А. Мусина (в качестве химика), проф. Д. А. Ласточкин и Л. П. Рылова.

богата наземной растительностью (Abies nordmanniana, Rhododendron caucasicum, Betula verrucosa и др., обильный луговой покров; несколько выше, вблизи озера находятся альпийские луга).

Геологический характер местности: кристаллические плотные породы—гранит, диабазы. Озеро имеет ледниковое [1]) происхождение и принадлежит к плотинным озерам (котловина была запружена мощной мореной).

Во время наших работ на озере термическая стратификация была выражена слабо—у поверхности 12,1°, на глубине 17,5 *м* 9,2°. В слое 0—2 *м* падение t° составляет 1,3°, в слое 2—17 *м* оно всего 1,3°. Максимальная за все время работ температура у берегов не превышала 13°, в пелагической области была не свыше 12,3°. Соответственно такой стратификации температур, оказались распределенными и химические факторы среды. Содержание O_2 в придонном слое (глуб. 17 *м*) лишь очень незначительно меньше нормального насыщения, своб. CO_2 3,5 *мг* ‰ (у поверхности 1,0 *мг*), бикарбонатов 17,55 *мг* ‰ (у поверхности 16,38 *мг*), Si O_2 3,6 *мг* ‰ (у поверхности 3,6 *мг* на глубинах 6 *м*, 8 *м* и 10 *м* 4,0 *мг*); pH у дна 7,2, у поверхности 7,5. Подробно о химизме и термике озера говорится в моей цитированной выше статье. Прозрачность (на изобате в 17 — 17,5 *м* ок. 7 *м* (не удвоено), цветность воды выражается № 37—38 оригинального издания шкалы Saccardo.

Примененная методика. Мы располагали взятой с собой прекрасной складной брезентовый лодкой, вмещающей двух человек, на которой было устроено спускное приспособление (с вьюшкой для спуска батометров и сетей) и небольшой лоток для помещения склянок, приборов и проч. Планктон собирался главным образом средней количественной сетью с количественным стаканчиком Апштейна, монтированною по Juday (1916) и снабженною замыкателем сист. Коржинского-Дерюгина, мастерской Госуд. Гидрологического института; газ № 25, диаметр входного отверстия 21 *см*. Эта сеть работала безукоризненно, и ею взяты все вертикальные серии. Кроме того, применялась обычная малая количественная сеть Апштейна. Количественные ловы производились качественными сетями из газа № 25 и № 12; сеть из газа № 12 применялась специально для ловли ракообразных и давала очень обильные уловы. В прибрежной области кроме того употреблялся сачок из газа № 25. Планктон фиксировался 4% формалином. К сожалению, условия и время работы (всего несколько дней, при большом числе других разнообразных работ) не позволили пользоваться центрифугой для исследования специально наннопланктона. Применение камер Колквица, взятых с собою, не дало положительных результатов, ввиду необычайной бедности фитопланктона вообще и в частности наннопланктических водорослей. За редкими исключениями (единичные экземпляры

---

[1]) Наиболее подробные сведения об озере имеются в статьях Е. Морозовой-Поповой (см. список литературы в конце статьи).

hrysomonadineae и Cyclotella), камера ие приносила ничегô, кроме минерального органического триптона. Применение камеры Колквица, однако, оказалось зиным в том отношении, что с достоверностью обнаружило необычайную удость камерного планктона в августе — факт существенный для выяснения бщей продукционной характеристики фитопланктона.

Количественные пробы планктона обработаны счетным методом. Вследвие малых количеств большинства компонентов сетяного планктона (особенно otatoria), производился тотальный подсчет, исключая тех организмов, которые эгли быть подсчитаны методом разбавления, с штемпельными пипетками. Концентрация пробы при этом доводились до 25—30 *см*³.

Состав зоопланктона озера Кардывач [1]).

Всего была взята 41 проба планктона. В них найдены следующие рганизмы:

Rotatoria.

1. Synchaeta sp. На консервированном материале (без предварительной пециальной фиксации) определение вида оказалось недоступным. Вероятно, кземпляры относятся к S. pectinata Ehrbg., форме с обширным распространением, обычной в высокогорных альпийских водоемах, в коих она принимает овольно заметное участие в планктоне. Для Кавказа Synchaeta sp. отмечена о высоты около 2800 *м* (Марканское озеро, Decksbach, 1923). В озере Кардывач Synchaeta в августе играла очень незначительную роль, встречаясь днако чаще других коловраток.

2. Polyarthra platyptera Ehrbg. Космополит, широко распространенный и высокогорных водоемах, где играет крупную роль в планктоне озер. Известен з высокогорных озер Кавказа. В озере Кардывач, во второй половине августа, огда можно было бы ожидать высокого количественного развития этого вида, н найден только в одной пробе (лов 0—16 *м*) в количестве всего ок. 300 од 1 *м*² поверхности.

3. Anuraea aculeata Ehrbg. var. brevispina Gosse. Этот вид также очень быкновенен в высокогорных водоемах (Альпы). Для Кавказа показан до 000 *м* над ур. м. В Кардываче я нашел только 1 экз., в прибрежной пробе бухточка, около 1 *м* глубины).

4. Notholca striata O. F. M. (типичная форма). Широко распространенный ид, известный и из высокогорных водоемов. Для Кавказа показан до ...от.. эк 2800 *м* (оз. Марканское). В планктоне озера Кардывач играет оче... скромную роль, попадаясь лишь в единичных экземплярах. Найден в проб..х

[1]) Предварительное сообщение см. Rylov, 1930; см. также Rylov, 1931.

0—16 *м* (ок. 450 под 1 $м^2$), 1—2 *м*, 6—10 *м* и в одной из прибрежных проб (изобата 1 *м*, единично). Рассматриваемая коловратка в озере Кардывач, таким образом, обитает и близ берегов и в пелагической области.

Кроме четырех указанных коловраток, в одной из проб (косой лов 0—17 *м*) найдены в единичных экземплярах пустые панцыри Anuraea cochlearis и A. aculeata var. divergens. Обе коловратки, очевидно, входят в состав планктона нашего озера. Вторая форма принадлежит к вариационному циклу aculeata, куда принадлежит и var. brevispina. По всем вероятиям, развитие Anuraea cochlearis имело место в июне—июле.

Copepoda.

1. Diaptomus acutilobatus Sars. Этот вид совершенно неизвестен для западной Европы. Как выясняется данными последнего времени (см. Рылов, 1930), он, очевидно, широко распространен на Кавказе [1]), где играет крупную роль и в планктоне озер, как бы замещая D. bacillifer Koelb., столь характерного для высокогорных озер Альп [2]). В озере Кардывач D. acutilobatus играет очень крупную роль, развиваясь в значительных количествах. В августе именно этот вид являлся основным компонентом планктона („Diaptomus-планктон"). Обитает в озере и близ берега, на мелководье, и в пелагической области. Как молодые, так и взрослые ♀♀ и ♂♂ окрашены в весьма яркий карминово-красный цвет; очень редко взрослые рачки имеют серовато-коричневую окраску. В виде множества красных точек рачек прекрасно был различим невооруженным глазом на фоне спущенного в воду диска Секки. Во второй половине августа количество молодых в сотни раз превышало таковое половозрелых самцов и самок. Надо думать, что в высокогорных озерах Кавказа D. acutilobatus моноцикличен, как это, повидимому, наблюдается и для D. bacillifer в высокогорных водоемах Альп, где этот вид встречается весь год и половозрелости достигает в августе—сентябре.

2. Cyclops strenuus Fischer. В высокогорных водоемах Альп в планктоне принимает весьма видное участие. Вид, широко распространенный, со склонностью к низким температурам. Указан для ряда водоемов Кавказа. В озере Кардывач я обнаружил типичную форму C. strenuus (abyssorum и lacustris не найдены). Во второй половине августа этот вид играл гораздо меньшую роль, нежели предыдущий, причем рачки были окрашены главным образом в серовато-белый цвет (редко красные). Найдены также в прибрежной пробе (изобата ок. 3/4 *м*, близ устья В. Мзымты, 1♀).

---

[1]) В последнее время для Кавказа (кроме данных, приводимых в моей цитированной работе) отмечен Амелиной (1929) для оз. Каплы-гель, оз. Кратерного, оз. Гокчи и лужи (район озера Гокчи). См. также Schiklejew, Zool. Anz., Bd. 93, 1931. Данные этого автора уже не могли быть использованы в настоящей статье.

[2]) Оба вида очень близки друг к другу.

3. Cyclops serrulatus Fischer. Космополит. Вид евритермический, обитающий в условиях прибрежной области. Один экземпляр (♂) найден в прибрежной пробе (изобата $^3/_4$ *м*) и другой (также ♂) — в пробе, взятой на изобате 5 *м* (лов 0—дно).

4. Cyclops fimbriatus Fischer. Космополит, форма бентоническая, обитающая у дна. Одна взрослая ♀ найдена в прибрежной пробе близ устья р. В. Мзымты. Повидимому, к этой же форме надо отнести неполовозрелый экземпляр из пробы на глуб. 16,5 *м* (лов 0—16,5 *м*).

Cladocera.

1. Daphnia pulex De Geer. В озере Кардывач этот вид обитает в пелагической области; отсутствовал в прибрежных пробах. Все половозрелые ♀♀ принадлежат к f. vernalis Lilljeborg'a (1900). Отличаются очень прозрачными, слабо окрашенными в беловато-желтый цвет valvulae testae. Как у молодых, так и у взрослых экземпляров шипы (числом 6—7) на ungues caudales вершиной направлены несколько кпереди (к вершине когтей), а не кзади, как это обычно наблюдается. В мелких водоемах по берегам озера Кардывач D. pulex отсутствовала. В озере найдена в небольшом количестве — до 754 экз. под 1 $м^2$ (глуб. места ок. 16 *м*). Рассматриваемый вид — космополит. Неоднократно указывался для горных водоемов (Альпы — до высоты ок. 2600 *м*, Памир — до выс. ок. 3750 *м*). На Кавказе отмечен ранее до высоты около 2000 *м*.

2. Macrothrix hirsuticornis Nordm. a. Br. В озере Кардывач найдена типичная форма (не var. arctica). 1♀ в лове 2—6 м. (изобата 10 *м*) и 1♀ в лове 0—дно (изобата 2 *м*). Типичный обитатель дна; в открытую воду попадает случайно из придонной зоны. Известен из высокогорных водоемов Альп, Татр, Памира и Кавказа (здесь на высоте ок. 2000 *м*). Обычный вид в водоемах низменности.

3. Alona rectangula Sars. Форма придонная, случайно попадающая в открытые воды. Найдена в пробе 0—дно (изобата 10 *м*) и 6—10 *м* (изобата 16,5 *м*). Вид, широко распространенный, указанный и для высокогорных водоемов Альп и Татр. В обеих пробах констатировано по 1 экземпляру (♀♀).

4. Alona quadrangularis (O. F. M.). Как и предыдущая форма, вид бентонический. Найден в ловах 0—дно (изобата 10 *м*, 20♀♀ ad. и juv.), 2—6 *м* (изобата 10 *м*, 3♀♀ ad.), 6—10 *м* (изобата 10 *м*, 7♀♀ ad. + 2♀♀ juv.), 6—8 *м* (изобата 16,5 *м*, 2♀♀ ad.), 8—10 *м* (изобата 16,5 *м*, 1♀♀ ad.), 10—14 *м* (тоже, 1♀♀ ad.), 0—дно (изобата 16 *м*, 4♀♀ ad. + 1 ♀ juv.), 10—16 *м* (тоже 2♀♀ ad.). Широко распространенный вид, найденный и в высокогорных водоемах.

5. Alona affinis Leydig. Экологически близок к обоим предыдущим видам. 1♀ в лове 4—6 *м* (изобата 16,5 *м*). В озере, вместе с предыдущим видом, очень обычен в придонном слое, примыкающем к отложениям ила. Распро-

странен, вероятно, по территории дна всего озера. Широко распространенный вид, найденный и в высокогорных водоемах.

6. Alonopsis elongata Sars. 1 ♀ в пробе вместе с предыдущим видом. Указана для Альп. Обычна в водоемах низменности.

7. Chydorus sphaericus O. F. M. Космополит и убиквист. В озере Кардывач найден в ряде проб как из прибрежной, так и из пелагической области. Количественно в планктоне этого озера сколь-либо значительной роли не играет.

Специальной обработки фитопланктона озера Кардывач пока еще не произведено. При обработке зоопланктона (причем вся проба просматривалась целиком), я обращал тщательное внимание и на фитопланктон, чтобы установить хотя бы основной его характер. Оказалось, что сетяной фитопланктон этого озера качественно и количественно (август!) необычайно беден. В ряде проб я не нашел вовсе растительных планктеров. В некоторых пробах обнаружены единичные экземпляры ближе пока не определенной колониальной водоросли (Chlorophyceae), редкие экземпляры Peridinium sp. и Trachelomonas sp. sp. О камерном планктоне я упоминал выше. В общем, фитопланктон озера Кардывач имеет картину, вполне соответствующую фитопланктону олиготрофных водоемов, причем обычно в последних в августе мы все же находим количественно более развитой фитопланктон (в частности, сетяной).

Из приведенного списка евпланктическими (облигатно-планктическими по моей терминологии — Рылов, 1922) являются следующие формы: 1) D. acutilobatus, 2) C. strenuus (и науплиусы обоих), 3) Daphnia pulex, 4) Chydorus sphaericus, 5) Synchaeta sp., 6) Polyarthra platyptera, 7) Notholca striata, 8) Anuraea aculeata, и 9) Anuraea cochlearis (остатки которой найдены). Количественно зоопланктон, следовательно, очень беден. Мы не находим в нем целого ряда видов, очень обыкновенных в лимнопланктоне вообще, и в частности в высокогорных водоемах Альп и вообще в таковых гор средней Европы. Так, отсутствуют Diaptomus bacillifer, D. denticornis, Daphnia группы longispina (в широком объеме этой группы), нет целого ряда очень обычных коловраток, как, например: Asplanchna, Notholca longispina, Conochilus, Euchlanis, видов p.p. Diurella, Rattulus, Gastropus, Ploesoma, Triarthra. В общем нельзя не признать зоопланктон озера Кардывач заметно более бедным качественно, нежели огромного большинства горных озер средней Европы, лежащих на той же высоте (около 2000 *м*).

В указанных выше девяти видах восемь являются широко распространенными и обитают не только в условиях пелагической области озер, но и в планктоне мелких водоемов. В мелких водоемах обитает и D. acutilobatus (см. Рылов, 1928). Присутствие этого вида придает планктону озера Кардывач специфический отпечаток, так как D. acutilobatus вообще отсутствует в Европе; он,

однако, не является эндемиком Кавказа, принадлежа здесь, подобно Hemidiaptomus к элементам восточного происхождения (Рылов, 1928). Повидимому, в горных озерах и мелких горных водоемах Кавказа—D. acutilobatus представляет очень обычный компонент планктона.

Существенно отметить, что наши данные по планктону озера Кардывач относятся к последней декаде августа, когда можно было ожидать особенного разнообразия качественного состава планктона. Еще Zschokke (1900) указывал, что наибольшее качественное разнообразие и максимальное количественное развитие планктона в высокогорных водоемах Альп имеет место при летнем температурном максимуме. Наши данные как-раз совпадают с периодом господства высоких температур (конец лета). Можно предполагать, что будущие исследования озера Кардывач не увеличат сколь либо значительно нашего списка. Отсутствие макрофитов, в частности, позволяет думать, что прибрежная фауна Rotatoria, Copepoda и Cladocera нашего озера качественно очень бедна, причем целый ряд форм, характерных для зарослей водных макрофитов, в нем совершенно отсутствует, не находя здесь комплекса соответствующих условий. Только две формы (Notholca striata и Cyclops strenuus, особенно вторая) приурочены к сравнительно низкому температурному оптимуму. Прочие 7 форм в высокой степени евритермичны.

В количественном отношении планктон озера Кардывач также беден. Только D. acutilobatus развивается в нем в больших количествах и придает всему планктону характер „Copepoda-планктона". Особенно бросается в глаза очень слабое развитие коловраток.

Вертикальное распределение зоопланктона.

В следующей таблице приведены результаты количественной обработки планктона по серии, взятой на глубине ок. 17 *м* в центральном районе озера в 4—5 ч. пополудни 20/VIII. Количества показаны в лове (без перечисления на *м*² поверхности).

Глубина в метрах Tiefe in m.	0–1	1—2	2—4	4–6	6–8	8—10	10—14	14–16
Synchaeta sp.						1	2	1
Diaptomus acutilobatus juv.	1120	222	170	253	190	135	160	21
„ „ ♀♀ ad.	6	2	1	2	1		1	
„ „ ♂♂ ad.	2	1	1	1		3	1	
Cyclops strenuus juv.								1
„ „ ♀♀ ad.						1		
„ „ ♂♂ ad.							1	
Nauplii Copepoda	280	40	43	186	132	100	140	6
Daphnia pulex						4	2	
Alona affinis				1				
Alona quadrangularis					2	1	1	
Alonopsis elongata				1				

Серия взята в то время суток, когда Diaptomus мигрирует в слой 0—1 *м* (см. ниже). По этой причине, в зависимости от преобладающего компонента, получается резко выраженный максимум зоопланктона именно в этом слое— около 1400 животных организмов в лове 0—1 *м*. В слое 1—2 *м* наблюдается уже резкое понижение тотального количества зоопланктеров—265 экз., т. е приблизительно в 5 раз меньше, чем в вышележащем слое. Вертикальное распределение тотальных количеств (исключая Alona и Alonopsis) зоопланктеров можно наглядно иллюстрировать следующими соотношениями, где за единицу принято наименьшее для лова количество (в данном случае для лова 14—16 *м*).

0—1	1—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—14	14—16
48,6	9,1	7,4	15,2	11,1	8,4	10,6	1

При резко выраженном максимуме в слое 0—1 *м*, глубже мы находим, в общем, довольно равномерное распределение общего количества до глубины 14 *м*; некоторая тенденция к образованию второго, очень незначительного максимума, намечается для слоя 4—6 *м* (обусловлено главным образом науплиусами). Придонный слой (14—16 *м*) очень беден зоопланктоном—здесь лежит резко выраженный минимум.

Начиная с глубины 8 *м*, попадаются C. strenuus, D. pulex и Synchaeta[1], отсутствующие в вышележащих слоях. До глубины 4 *м* отсутствуют Alona и Alonopsis, проникающие в свободную толщу воды из придонного слоя.

В следующих таблицах показано вертикальное распределение зоопланктона на изобатах 10 *м*, 5 *м*, и 2 *м* (количества в лове).

Изобата 10 *м*, 10 ч. 30 м.—11 ч. 10 м. утра.

Tiefe 10 *m*. 10,30—11,10 morgens.

Глубина в *м* / Tiefe in m.	0—1	1—2	2—6	6—10
Synchaeta sp.				1
Notholca striata		1		2
D. acutilobatus juv.	52	9	68	210
„ „ ♀♀ ad.				2
„ „ ♂♂ ad.				2
Cyclops strenuus juv.			1	
Nauplii	30	27	30	50
D. pulex juv.	1			
„ „ ad.				1
Chydorus sphaericus	2		2	
Alona quadrangularis			3	7
Macrothrix hirsuticornis			1	

[1]) Приуроченность Synchaeta pectinata к глубоким слоям при начале летней стагнации недавно отметил Ruttner (1930—для „Winterform") в Нижнем Лунцском озере.

Изобата 5 *м*, 11 ч. 35 м.— 12 ч. дня
Tiefe 5 *m*; 11,35—12 U. vorm.

Глубина в *м* / Tiefe in m	0—1	1—2	2—5
D. acutilobatus juv.	40	595	100
„ „ ♀♀ ad.		24	1
„ „ ♂♂ ad.		8	
Nauplii	18	44	30
Chydorus sphaeircus	1		4

Изобата 2 *м*, 12—12 ч. 15 м. дня
Tiefe 2 *m*; 12—12,15 U. mittags.

Глубина в *м* / Tiefe in m	0—1	1—2
D. acutilobatus juv.	11	29
„ „ ♀♀ ad.		9
„ „ ♂♂ ad.		10
Nauplii	15	8
Chydorus sphaericus		1
Macrothrix hirsuticornis		1

На изобате 10 *м* максимум Diaptomus определенно лежит в слое 6—10 *м* (серия взята утром), Cyclops найден глубже 2 *м*, науплиусы, в общем, распределены равномерно. На изобате 5 *м* максимум Diaptomus приходится на слой 1—2 *м* (но не на слой 0—1 *м*). Равным образом, и на изобате 2 *м* максимум Diaptomus не лежит в слое 0—1 *м*, причем взрослые ♀♀ и ♂♂ найдены только в слое 1—2 *м*. В итоге, утром и в полдень слой 0—1 *м* очень беден зоопланктоном. На всех изобатах в этом слое отсутствовали коловратки и бентонические Cladocera. Повидимому, Chydorus имеет довольно широкие границы вертикального распределения днем. Synchaeta не встречается до глубины 6 *м*. Науплиусы, в общем, распределены более или менее равномерно; однако, на изобате ок. 17 *м* в придонном слое для них наблюдается хорошо выраженный минимум. Daphnia в нашем озере приурочена к более глубоким слоям (во всех пробах только один экз., и притом молодой, найден в слое 0—1 *м*).

Вертикальные суточные миграции зоопланктона.

С совершенной достоверностью их удалось установить для Diaptomus, т. е. для компонента, во много раз преобладающего над всеми остальными зоопланктерами. Прилагаемый график (рис. 1) иллюстрирует это явление; высота прямоугольников прямо пропорциональна количествам Diaptomus juv. в лове, цифра вверху прямоугольников показывает количество в данном лове половозрелых ♀♀ + ♂♂.

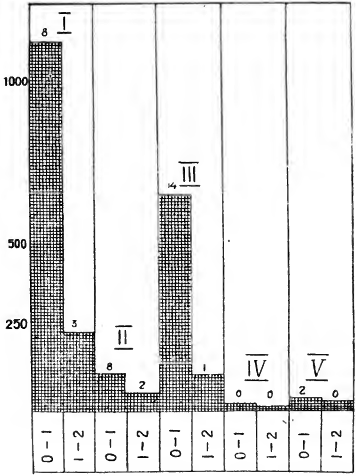


Рис. 1.

Суточные вертикальные миграции Diaptomus acutilobatus Sars в озере Кардывач 20—22/VIII 1929 г. Количества в лове 0—1 *м* и 1—2 *м*.

I. 20/VIII, 4—5 м. пополудни. II. 22/VIII, 8 ч.—8 ч. 30 м. вечера. III. 22/VIII, 5 ч. 45 м.—6 ч. вечера. IV. 22/VIII, 1 ч.—1 ч. 10 м. дня. V. 22/VIII, 9—10 ч. утра. Vertikale Migrationen von D. acutilobatus Sars im Kardywatsch-See I. 20/VIII. 4—5 U. nachmittags II. 22/VIII, 8—8,30 U. abends. III. 22/VIII. 5.45—6. U. abends. IV 22/VIII. 1—1.10 U. mittags V. 22/VIII. 9—10 U. morgens. Die Zahlen ieffern (oberhalb der Rechtecken) bedeuten die Anzahl der geschlechtsreifen ♀♀ + ♂♂. Die gestrichellen Rechtecken sind proportional der Anzahl jungen Diaptomus.

Максимум Diaptomus в слоях 0—1 *м* и 1—2 *м* наблюдается перед вечером, около 4—6 часов, а в 8 часов вечера эти слои населены рачком уже гораздо беднее. Утром и в полдень в обоих слоях мы находим минимум Diaptomus. Сравнение ловов 20/VIII (4—5 ч. дня) и 22/VIII (ок. 6 ч.) показывает, что регулярно максимум в поверхностных слоях образуется именно в конце дня—начале вечера, с наступлением сумерек. Позднее, вопреки обычной картине суточных миграций, рачек опускается глубже, и количество его в этих слоях заметно понижается. Это своеобразное явление, вероятно, надо объяснить влиянием лунного освещения. В дни наших работ на Кардываче центральный район озера, где брались пробы, как-раз в 7—8 часов начинал освещатьcя лунным светом. Очевидно, это вызывало соответственное раздражение рачков и изменение знака фототаксиса на обратный.

Горизонтальное распределение зоопланктона.

Для ориентировки в горизонтальном распределении зоопланктона был сделан ряд тотальных (0—дно) количественных ловов на различных глубинах (изобата: ок. 17 *м*, 10 *м*, 5 *м*, и 2 *м*; кроме того, качественные ловы близ берега, на изобате ок. 1 *м*). Результаты этих ловов приведены в следующей таблице, где количества показаны под 1 $м^2$ поверхности.

Количеств. ловы 0—дно; количество под 1 $м^2$ поверхности Quantit. Fänge 0—Boden; Zahl der Organismen unter 1 m^2.					Качествен. лов Qualit. Fang
Изобата в м Tiefe in m	17	10	5	2	1
D. acutilobatus juv.	26970	33930	21315	1160	vereinzelt
" " ♀♀ ad.	232	145	725	261	selten
" " ♂♂ ad.	522	145	232	290	
Cyclops strenuus juv.	145	29			selten
" " ♀♀ ad.	145				
" " ♂♂ ad.	29				
Nauplii	12180	6409	2668	435	wenig
Daphnia pulex (juv.+ad.)	754	58			
Chydorus sphaericus	selten	174	145	29	vereinzelt
Synchaeta sp.	5510	29			selten
Polyarthra platyptera	290				
Notholca striata	435	87			selten
Общее количество (Die Gesamtzahl)	ca 47300	ca 41000	ca 25100	ca 2200	

Таблица показывает ясную картину неравномерного горизонтального распределения. Говорить здесь о более или менее равномерном распределении можно лишь для изобат 17 *м* и 10 *м*, т. е для наиболее глубокого района озера. На этих глубинах, действительно, мы имеем близкие цифры общего количества зоопланктеров, именно 47300 (17 *м*) и 41000 (10 *м*). Однако, уже переход от изобаты 17 *м* к изобате 10 *м* для ряда организмов сопровождается хорошо выраженным понижением количества (особенно для Cyclops, Daphnia и всех коловраток), которое замечается и далее, по мере приближения к берегу. Переход от изобаты в 10 *м* к таковой в 5 *м* резко изменяет количественную картину зоопланктона. В районе с глубиной 5 *м* зоопланктон уже гораздо беднее, нежели на изобате 10 *м*. Ряд форм выпадает (взрослые Cyclops, Daphnia). Возможно, что коловратки обитают и на изобате 5 *м* (их мы находим у берега); однако, на этой изобате, они, очевидно, гораздо менее многочисленны, нежели на изобате ок. 17 *м*. Заметна также убыль науплиусов и небольшое понижение количества молоди Diaptomus. На изобате 2 *м* общее количество зоопланктеров падает до 2175. На этой изобате бросается в глаза очень сильное понижение количества молоди Diaptomus и науплиусов. Наконец, у берега мы находим, главным образом, лишь единичные экземпляры; отметим, что для изобаты 1 *м* мы располагаем данными качественного горизонтального лова, при котором сеть облавливала бо́льший объем воды, нежели при вертикальных ловах.

Несмотря на скудность нашего материала, который может дать лишь предварительную картину горизонтального распределения, последнее в общих чертах выступает отчетливо. В общем количество всех организмов убывает от центра к периферии. Отметим, что Chydorus sphaericus в озере Кардывач обитает на всех изобатах и отнюдь не приурочен только к прибрежной зоне. Установить причины описанного горизонтального распределения без специальных в этом направлении исследований вряд ли возможно. Судя по прозрачности, световые условия здесь вряд ли играют особенно значительную роль, равно как и температура. В центральном районе озера температура колебалась от 11,9 до 12,3,°, а у берега от 10,8 до 12,7°. Большинство зоопланктеров, о которых идет речь, являются формами евритермическими (см. выше). Для такой формы, как Cyclops strenuus, столь ничтожные термические различия также наверное не играют никакой роли, что тем более приходится отметить для других форм. Возможно, что основным фактором, регулирующим горизонтальное распределение зоопланктона в озере Кардывач, являются условия питания (в широком смысле этого слова), в частности распределение органического триптона, на счет которого образуется основная масса содержимого кишечника Diaptomus и Daphnia из рассматриваемого озера (нанопланктические водоросли в образовании этой массы принимают уже заметно меньшее участие)

Об иловых отложениях озера Кардывач.

В задачи иашнх работ иа озере Кардывач ие входило специальиое исследование ила, требующее особой аппаратуры и методики. Мы ограничнлись лишь обычным прнемом взятня иловых проб (для грубого ориентировочного анализа) с помощью лота E. Naumann'a (Doppelbecherlot nach Naumann). Расстояние между обонми сбориыми конусами—около 20 *см*, лот прнменялся с грузом (он не снимался с штанги). Собранный этим простым методом материал обрабатывался затем предложениым Наумаииом способом. Для тонкого фильтрата ил фильтровался через газ № 8. Препараты предварительио подсушивались и заключались в канадский бальзам. Ил сохранялся в 4% формалине.

Исследование образцов ила дало следующие результаты.

I. Изобата 16 *м*. Верхняя фракция лота. Консистенция ила очень мелкозернистая; различимы растительные фрагменты. Цвет темно-серый с коричневым оттенком.

Грубый остаток (Siebrest) содержит массу экскрементов личинок Chironomidae и Oligochaeta. В небольшом количестве трубки (главным образом в виде фрагментов) Chironomidae и, вероятно, Oligochaeta. В порядочном количестве темно-окрашенные (иногда почти черные) растительные фрагменты,—кусочки ветвей деревьев, остатки листьев, хвоя пихты. В заметном количестве створки Ostracoda и Alona; единично эфиппии (пустые) Daphnia. В сравнительно небольшом количестве минеральные частицы. Сырой мазок фильтрата и препарат в канадском бальзаме состоит главным образом из тонкого бесформенного светло-коричневого детрита; надо думать, что последний представляет собою главным образом фрагменты экскрементов. В порядочном количестве очень мелкие минеральные частицы. В небольшом количестве пустые створки (отчасти и свежие, с содержимым) донных диатомовых (Surirella и др.), единично пустые створки Cyclotella.

Нижняя фракция дает аналогичную картину состава ила.

II. Изобата 5 *м*. Верхняя фракция. Заметно светлее, нежели таковая на изобате 10 *м*; консистенция более рыхлая. Грубый остаток состоит из массы экскрементов и массы трубок Chironomidae (и Oligochaeta?). В заметном количестве вполне сохранившиеся (очевидно, захвачены живыми) Alona quadrangularis, Macrothrix hirsuticornis, реже Ostracoda. В заметном количестве крупные растительные фрагменты (наземного происхождения). Сырой мазок и препарат в канадском бальзаме дают картину, как и на изобате 16 *м* (здесь, однако, чаще Diatomaceae, и найдены единичные экземпляры пустых Trachelomonas). Нижняя фракция. Ил более грубо зернистой структуры и более темной окраски, нежели ил верхней фракции. Грубый остаток состоит из массы минеральных частиц (до 1—2 *мм*); в небольшом количестве крупные растительные фрагменты. Нет экскрементов. С HCl нет выделения CO_2 (как и на изобате 16 *м*).

Сырой мазок и препарат в канадском бальзаме изобилуют мелкими минеральными частицами; в заметном количестве пустые створки Surirella, Cyclotella и др. диатомовых.

III. Изобата 3 *м*. Верхняя фракция имеет коричнево-серую окраску, более темную, нежели таковая ила с глубины 16 *м*. В грубом остатке масса экскрементов и трубок (и их фрагментов) личинок Chironomidae (и, вероятно, Oligochaeta). В порядочном количестве пустые створки Alona. В небольшом количестве минеральные частицы и мелкие растительные фрагменты. В тонком фильтрате преобладает клочковатый детрит (фрагменты экскрементов; Мало диатомовых и их панцырей (Sulrella, Cyclotella и др.). Нижняя фракция. Ее грубый остаток состоит из массы экскрементов; в общем состав этой фракции сходен с таковым верхней фракции, но в первой гораздо чаще встречаются растительные фрагменты. Тонкий фильтрат нижней фракции ничем не отличается от таковопо верхней.

Стратификация ила этими данными, конечно, не устанавливается. Общая качественная характеристика ила, в главных чертах его состава, рисуется в следующем виде:

1. Ил бесспорно богат органическими веществами. Толщина слоя такого ила в районе наибольших глубин, надо полагать, не менее 20 *см* (расстояние между сборными конусами лота).

2. Основная органическая масса ила состоит из экскрементов и трубок Oligochaeta и личинок Chironomidae и из детрита, который, нужно думать, есть прежде всего продукт размельчения экскрементов. Органическая масса ила имеет совершенно ясно выраженный копрогенный характер.

3. В составе ила крупную роль играют растительные фрагменты наземного происхождения (листья наземных растений, кусочки ветвей деревьев, спорангии папоротников, хвоя пихты и т. под.), т. е. аллохтонный органический материал.

4. Во всех пробах ила мы находим более или менее значительное количество минеральных частиц (преимущественно мелких).

5. В иле заметную роль играют остатки бентонических диатомовых и бентонических Entomostraca (именно Alona и Ostracoda). Эти бентонические компоненты мы находим в илу и живыми, причем они, очевидно, обитают в самом верхнем горизонте отложений.

6. Планктогенные компоненты в образовании ила принимают очень скромное участие. Из эвпланктических Cladocera мы находим лишь эфиппии Daphnia; нет остатков Bosmina—хороший показатель того, что этот род в планктоне Кардывача вовсе не представлен (створки Bosmina превосходно сохраняются в илу). Из нанопланктических водорослей мы констатировали остатки лишь Cyclotella и Trachelomonas, притом только в незначительном количестве.

Процесс илообразования в озере Кардывач, очевидно, происходит следующим образом. Основным материалом для образования органической части ила

служит аллохтонный материал. O. Pesta (1929) для устанавливаемого им типа панолиготрофных озер высокогорных Альп отмечает факт приноса в озеро аллохтонного органического материала, на счет которого может даже произойти заполнение озера и переход его в мелкий водоем. Несомненно, этот процесс приноса в озере Кардывач весьма интенсивен, если принять во внимание роль его притоков (постоянных и периодических), несущих материал из очень богатой растительностью местности. Источника столь обильного органического материала в самом озере мы не находим,—в нем вовсе нет макрофитов, а планктон очень беден. Состав ила, как отмечалось выше, явно указывает на аллохтонную природу ряда его компонентов и на очень малое участие планктогенного элемента. Поступивший в озеро аллохтонный органический материал (его поступление, конечно, особенно интенсивно в период функционирования всей системы притоков) затем обрабатывается бентонической фауной, и в первую очередь Oligochaeta и личинками Chironomidae. Проф. Д. А. Ласточкин, исследовавший бентос озера как на месте, так и в лабораторных условиях, сообщает мне, что население этих двух групп организмов в иловых отложениях Кардывача отнюдь не производит впечатлéния количественной бедности (точные количественные данные пока отсутствуют). В результате ил приобретает характерную копрогенную структуру, отмеченную выше. Второстепенную роль в образовании ила играют остатки бентонических Cladocera и Ostracoda, и на самом последнем месте здесь стоит планктон.

Для олиготрофных озер принимается, что их глубинный ил беден органическими веществами и в малой степени способен к процессам разложения (Thienemann, 1926, S. 201: „arm an organischer Substanz, nicht faulend"; S. 202: „keine oder minimale Prozesse im Tiefenschlamm"). В причинной связи с инагильностью ила и его бедностью органическим материалом рассматривается слабое потребление O_2 в период летней стагнации. Противоположность этому мы находим в евтрофных озерах, где богатый органическими веществами и в высшей степени способный к процессам разложения ил деятельно поглощает O_2, содержание которого в гиполимнионе за время летней стагнации может доходить до нуля. Эта общепринятая для олиготрофных озер точка зрения на характер ила и причины кислородного режима никак не может прилагаться к озеру Кардывач. Бесспорно, это озеро является водоемом олиготрофным (в широком смысле слова). Однако, его ил отнюдь не беден органическими веществами. Копрогенная природа ила явно указывает на то, что говорить здесь о неспособности ила поглощать O_2 при процессах разложения не приходится. Вообще, я должен отметить, что для олиготрофных озер мы, в сущности, пока еще не имеем вполне достаточного фактического материала, который указывал бы, что ил этих озер менее активен относительно поглощения O_2, нежели ил евтрофных озер. Факт незначительного потребления O_2 в придонном слое озера Кардывач в летний период я не могу поставить, следовательно, в связь с характером иловых отложений этого озера. Факт этот, я думаю, объясняется специфиче-

скими гидрологическими условиями озера, стоящими в тесной связи с гидрометеорологическими факторами. Дело в том, что в озере Кардывач мы не имеем длительного периода летней стагнации. На этих высотах, в климатических условиях этой горной области Кавказа, вегетационный период вообще короток. Вместе с тем, своеобразный термический режим озера ведет к высокой степени влияния на дно циркуляционных периодов. В своей статье по гидрологии и химизму Кардывача я останавливаюсь на этом вопросе подробнее (Рылов, 1930а).

Вследствие таких условий придонный слой озера Кардывач, даже на его максимальных глубинах, находится в особо благоприятных условиях аэрации, причем дефицит O_2, обусловленный поглощением на счет ила и дыханием бентонической фауны, при первой же полной циркуляции аннулируется за счет новых запасов O_2, приносимых поверхностными водами. Во время нашей экскурсии (третья декада августа) температура воды на глубине 17 *м* была около 9°, а у поверхности около 11—12°. Достаточно было очень небольшого падения температуры воздуха (а в рассматриваемой местности это весьма обычная вещь), чтобы началась циркуляция, могущая охватить всю толщу воды, а вместе с тем и насытить кислородом придонный слой. Другим фактором, также ведущим к обогащению O_2 придонного слоя, в озере Кардывач могут являться воды главного притока—В. Мзымты, имеющие низкую температуру (около 7°). Об этом, вообще, конечно, возможном влиянии, можно пока говорить только предположительно, хотя и с большой степенью вероятности; специальных исследований в этом направлении на озере Кардывач еще не производилось

Отмечая специфические условия, определяющие кислородный режим придонного слоя озера Кардывач, и не считая возможным ставить здесь высокое содержание O_2 в причинную зависимость от яко бы слабой поглотительной способности ила, мы, конечно, отнюдь не можем распространять нашей точки зрения вообще на все олиготрофные озера.

Цитированная литература.

Амелина, Л. Copepoda Севанского озера. Тр. Севанский озерной станции, II, в. 3, 1929.

Decksbach, N. Die planktische Tierwelt der kaukasischen Hochgebirgsseen. Verh. Intern. Ver. theor. u. angew. Limnologie, Bd. I, 1923.

Juday, Ch. Limnological apparatus. Trans. Wisconsin Acad. of Sc. Arts a. Letters, vol. XVIII, p. II, 1916.

Lilljeborg, W. Cladocera Sueciae. Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsaliensis, 1900.

Морозова-Попова, Е. Верховья р. Мзымты на Кавказе (озеро Кардывач). Зап. Новоросс. Общ. Ест., XL, 1914 (см. также статью этого автора в Зап. Крымско-Кавказск. Горного Клуба, в. 4, 1913).

Pesta, O. Der Hochgebirgssee der Alpen Die Binnengewässer, Bd. VIII, E. Schweizerbart, Stuttgart, 1929.



Рис. 1.

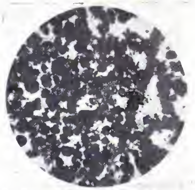


Рис. 2.

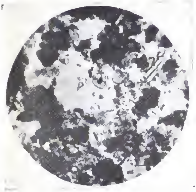


Рис. 3.

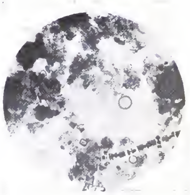


Рис. 4.

Ruttner, F. Das Plankton des Lunzer Untersees. Spezieller Teil. Intern. Revue d. ges. Hydrobiol., Bd. 23, № 3—4, 1930.

Рылов, В. Что понимать под планктонным организмом? Русск. Гидроб. Журн., 1, 1922.

Рылов, В. К фауне Eucopepoda Кавказа, Закавказья и сев. Персии. Раб. Сев. Кавказск. Гидробиол. Станции, т. II, в. 2/3, 1928.

Рылов, В. Пресноводные Calanoida СССР. Определители организмов пресных вод СССР. А. Преснов. фауна, I. Изд. Инст. Рыбн. Хоз. и Промысл. Иссл. Всесоюзн. Акад. Сельскохоз. Наук им. В. И. Ленина. Ленинград, 1930.

Рылов, В. К лимнологии Кавказа. 1. Изв. Гос. Гидрол. Инст., № 31. 1930 (a).

Rylov, W. Vorläufige Mitt. üb. d. Plankton des Kardywatsch-Sees. Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences de l'USSR, № 14, 1930.

Rylov, W. Einige Resultate der limnol. Unters. am Kardywatsch-See. Arch. für Hydrob., XXII, 1931.

Thienemann, A. Die Binnengewässer Mitteleuropas. Die Binnengewässer, Bd. 1, E. Schweizerbart, Stuttgart, 1926.

Zschokke, F. Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. N. Denkschr. Schweiz. Ges. f. d. ges. Naturl., vol. 17, 1900.

ОБЪЯСНЕНИЕ К ТАБЛИЦЕ.

(Микрофотографии В. М. Рылова).

1. Сетяной планктон озера Кардывач, 19/VIII 1929. Преобладает Diaptomus acutilobatus Sars (гл. образом молодь). Частицы детрита и науплиусы. Ув. ок. 13.

Das Netz-Plankton des Kardywatsch-Sees, 19/VIII 1919. Diaptomus acutilobatus Sars vorherrschend. Sonst Nauplien und Tripton-Partikeln. Vergr. ca 13.

2. Ил с глубины 16 *м*, грубый остаток (фильтрация через сеть № 8), 22/VIII 1929. Типичная картина копрогенного ила (масса экскрементов трубки личинок Chironomidae и их фрагменты). Ув. ок. 20.

Die Schlammablagerungen des Kardywatsch-Sees. Tiefe 16 m. Grobes Siebrest. Kotballen und Chironomiden-Röhren im Vordergrunde. Vergr. ca 20.

3. Тоже с глубины 16 *м*, тонкий фильтрат (препарат в канадском бальзаме) Преобладает клочковатый органический детрит. Минеральные частицы и створки донных диатомовых. Ув. ок. 240.

Dasselbe, Tiefe 16 m. Feines Filtrat, Präparat im Kanadabalsam. Der flockige organische Detritus vorherrschend. Panzern von verschiedenen benthischen Diatomeen und kleine minerale Partikeln. Vergr. ca 240.

4. Тоже, с глубины 5 *м*, тонкий фильтрат. Преобладает клочковатый органический детрит. Створки донных диатомовых и Cyclotella. Ув. ок. 240.

Dasselbe, Tiefe 5 m. Feines Filtrat, Präparat im Kanadabalsam. Der flockige organische Detritus vorherrschend. Leere Cyclotellen-Panzern. Panzern einigen anderen (benthischen) Diatomeen. Vergr. ca 240.

Zur Limnologie des Kaukasus.

II. Das Zooplankton und einige Angaben über die Schlammablagerungen des Kardywatsch-Sees.

W. M. Rylov.

Zusammenfassung.

Der Verfasser gibt die Hauptresultate der Untersuchungen am Kardywatsch-See, welcher 18—24 VIII 1929 während der limnologischen Expedition [1]) nach dem Kaukasus besucht wurde. Die vorliegende Arbeit enthält folgendes:

1) Kurze allgemeine Daten über den Kardywatsch-See. Die angewandte Methodik.

2) Zusammensetzung des Zooplanktons. Hauptcharakteristik des Phytoplanktons.

3) Vertikale Verteilung des Zooplanktons (S. Tabelle S. 145—147).

4) Horizonthale Verteilung des Zooplanktons (S. Tabellen S. 149).

5) Vertikale tägliche Migrationen (S. Fig. 1).

6) Allgemeine Angaben über die Schlammablagerungen (S. Mikrophotographien auf der beigelegten Tabelle).

[1]) Diese Expedition wurde vom Hydrologischen Staatsinstitut und dem Zoologischen Museum der Akademie der Wissenschaften USSR organisiert.

Prof. Ch. A. Kofoid with the compliments of the author.

В. М. Рылов.

К биологии Diaptomus amblycdon Marenz. (Copepoda, Calanoida).

(С 2 рис. в тексте).

On the biology of Diaptomus amblyodon Marenz.

(With 2 text-figures).

V. M. Rylov.

Отд. оттиск из: „Труды Петр. Общ. Естествоисп." Т. LI, вып. 1, № 1—4, 1920 г.
Extrait de: „Travaux de la Société des Naturalistes de Petrograd", vol. LI, livr. 1, № 1—4, 1920.

ПЕТРОГРАД.
1920.

К биологии Diaptomus amblyodon Marenz. .
(Copepoda, Calanoida).

В. М. Рылов.

(С 2 рис. в тексте).

Имеющиеся данныя по биологии *Diaptomus amblyodon* с несомненностью указывают на существование у этого вида определенной латентной стадии, в состоянии которой рачек может переносить неблагоприятные условия среды.

Marenzeller (7) описал этот вид по экземплярам, собранным в бассейне Пратера (окр. Вены), на высыхание которого имеется указание в монографии Guerne и Richard'a (2, стр. 70); Корчагин (5, стр. 11) указывает его для мелких, высыхающих к лету водоемов окрестностей гор. Москвы, причем небольшую глубину и высыхание водоемов этот автор считает даже необходимым условием существования рассматриваемого вида [1]). Фактор усыхания водоемов, обитаемых *D. Bogdanowi* (*D. amblyodon Marenz*), отмечается также В. К. Совинским (10, Киевская губ.). По моим наблюдениям (9, стр. 190—191), этот вид обычен в окрестностях Никольского рыбоводного завода (Новгородской губ.), где водится исключительно в водоемах, наполняющихся снеговой и дождевой водой и к лету высыхающих.

Аналогичные указания для *D. amblyodon* мы находим в краткой заметке Н. В. Воронкова о гидрофауне Ярославской губернии («Журнал Микробиологии» вып. 3, 1915), в отчете того-же автора о деятельности планктонной комиссии (14), в книге С. Р.

[1]) Корчагин указывает также на сходство биологии *D. amblyodon* с биологией Euphyllopoda (*Branchipus*). Автор ошибочно описал этот вид, как новый (*D. Bogdanowi*).

Лепневой (6) по пресным водам Ярославля и его окрестностей, и в работе В. И. Мейснера о зимней фауне оз. Кабана (8, Казанская губ.). Таким образом, факт высыхания водоемов, в которых обитает *D. amblyodon* и обычно встречается массами, можно считать твердо установленным.

Возникает вопрос, в какой именно стадии это ракообразное переносит высыхание. Разрешению этого вопроса и посвящена предлагаемая заметка.

Во время моего пребывания на Никольском рыбов[одном за]воде (конец апреля и май 1915 г.) мне удалось собрать довольно богатый материал по *D. amblyodon* и сделать ряд наблюдений над его биологией. Самым характерным оказалось внезапное массовое развитие этого вида в мелких, наполненных водой, почвенных углублениях на совершенно открытых, незаросших лесом лугах. Вскоре после заполнения таких углублений талой снеговой водой, в образовавшихся мелких лужах появляются науплиусы, ко второй половине мая колонии достигают половозрелости; к 15 V в большинстве луж можно было наблюдать большое количество вполне половозрелых ♂♂ и множество ♀♀ с яйцевым мешком или с прикрепленными сперматофорами [1]; пары in copula также оказались весьма обычными. В конце мая во многих лужах было замечено значительное уменьшение количества неделимых, а в одной из луж уже 16 V я нашел лишь несколько отмерших самок (с яйц. мешком), исследуя собранный ил; — полного совпадения циклов отдельных колоний, конечно, нельзя было и ожидать.

За от'ездом я не мог проследить дальнейшего развития *D. amblyodon*, но, по сообщенным мне впоследствии данным, все водоемы, в коих этот вид был найден, совершенно высохли ко второй половине июня.

Принимая во внимание, что в последнее время у некоторых *Diaptomus* были констатированы покоющиеся яйца, я предпринял исследование яйцевых мешков.

Яйцевые мешки *D. amblyodon* имеют правильную округлую форму, сплющены в дорзо-вентральном направлении и содержат от 14 до 24 яиц (преобладали ♀♀ с 24 яйцами); диаметр яиц — от 0,18 до 0, 19 мм.

[1] Я неоднократно наблюдал ♀♀ *D. amblyodon* с яйцевым мешком и с сперматофорами в одно и то же время; при этом сперматофоры, как и обычно, оказались прикрепленными к генитальному сегменту, под яйцевым мешком

Окраска яиц, фиксированных формалином, темная коричнево-красная [1]. Яйца, фиксированные 4% формалином, после пребывания в течение 3-х суток в 96° спирте этой окраски не теряют, ксилол их также не обесцвечивает. Осторожно надавливая на яйца препаровальными иглами, можно убедиться, что их оболочка весьма тверда, что подтверждается и относительной трудностью их резки на микротоме.

Яйцевые мешки вместе с животным фиксировались 4% раствором формалина, просветлялись ксилолом и заливались в параффин. Срезы делались толщиной в 5 и 10 микронов; перед заливкой мешки от животного изолировались. Срезы (на стекле) окрашивались гематоксилином Эрлиха, с подкраской эозином.

Исследование препаратов показало, что яйца D. amblyodon из высыхающих водоемов снабжены плотной и сравнительно весьма толстой гомогенной оболочкой, слабо окрашивающейся упомянутыми красками и имеющей коричнево-желтый цвет. Никакой слоистости эта оболочка не обнаруживает; ее внешняя поверхность неровная, и на срезах можно констатировать присутствие неправильно рассеянных на оболочке весьма мелких и неодинаковых по высоте возвышений—бугорков; местами последние, повидимому, отсутствуют.

У всех исследованных яиц зародыши оказались на самых ранних стадиях развития, именно на стадии бластулы. Это обстоятельство для покоющихся яиц вообще весьма характерно и, по аналогии с предыдущими исследованиями, следует заключить, что и в данном случае яйца во время покоя находятся на одной из ранних стадий развития.

Ядра клеток зародыша весьма интенсивно красятся гематоксилином. Содержимое имеет зернистый вид и изобилует питательным желтком. Несмотря на применение иммерсии и компенсационных окуляров, внутренней оболочки в яйцах D. amblyodon констатировать не удается, и в данном случае я принимаю существование лишь одной плотной и толстой оболочки. Возможно, впрочем, что внутренняя оболочка образуется позднее, напр., на стадии гаструлы (см. Häcker 3, стр. 16, Ekman 1, стр. 103).

[1] К сожалению, я не записал прижизненной окраски.



Рис. 1. Разрез покоющегося яйца D. amblyodon. Содержимое отчасти отстало от оболочки. Зернистость не изображена. Ок. 2 об. Д Цейсса, рисовальный аппарат Аббэ.

По исследованиям W[illegible]a (12 и [illegible]) в водоемах окрестностей Вюртемберга встречается две формы D. coeruleus Fisch., различающиеся цветом и биологией. Первая из этих форм (красной окраски) образует двуслойные покоющиеся яйца. Яйца второй формы (голубой) снабжены только одной весьма толстой оболочкой. Последние, повидимому, сходны с описываемыми мною, хотя W o l f (13 стр. [illegible]) отмечает слоистость их оболочки, чего в нашем случае не наблюдается. Wolf экспериментально доказал, что яйца второй формы D. coeruleus чрезвычайно резистентны и способны переносить замораживание и последующее оттаивание, а равно и высыхание водоема. По исследованиям S. Ekman'a (l. cit., стр. 103 рис. D), у D. graciloides L[illegible] покоющиеся яйца также снвбжены лишь одной оболочкой, но последняя у этого вида значительно тоньше [1], нежели у D. amblyodon; Ekman (l. cit. стр. 103) высказывает, впрочем, предположение, по которому у сокоющихся яиц D. graciloides внутренняя оболочка б. м. образуется на стадии гаструлы.

У *D. denticornis* Wienz., по исследованиям V. Haecker'a (3), покоющиеся яйца снабжены двумя толстыми оболочками. Вообще здесь наблюдаются различия, быть может стоящие в связи с назначением яиц, так как у *D. denticornis*, в [illegible]tis[illegible] эти яйца отнюдь не служат защитой от высыхания.

Яйцевые мешки, в которых заключаются у *D. amblyodon* покоющиеся яйцв, заслуживают особого внимания. В то время как субитанные яйца *Diaptomus* окружены тонкой, легко разрывающейся, оболочкой, яйца рассматриваемого вида (числом до 24) заключены в плотный мешок, твердость которого сразу констатируется при изолировании из мешка яиц с помощью препаровальных игол. На срезах можно видеть, что оболочка мешка тоньше, чем у яиц, слвбо окрашивается гемвтоксилином (частью не окрашивается вовсе) и имеет вид совершенно гомогенного обра-

[1]) По Ekman'y эта оболочка почти вдвое толще оболочки субитанных яиц, на той же стадии развития (бластула).

...вания, она также с трудом режется на микротоме и в свежем состоянии, будучи изолированной от яиц, имеет темно-коричневую окраску.

К наружной поверхности оболочки, на которой наблюдаются следы затвердевшего секрета, пристают частички ила, панцыри диатамовых и проч. Рисунок 2-ой изображает [1]) разрез яйца с частью прилегающей к нему мешечной оболочки; рисунок показывает, что периферические яйца тесно прилегают к оболочке мешка.

Аналогичную оболочку яйцевого мешка описывает E. Wolf (13) для *D. castor* Jur, биология которого имеет много общего с биологией *D. amblyodon*. По Wolf'у эта оболочка плотна и имеет коричнево-красную окраску; автор отмечает, однако, что яйца не прилегают тесно к оболочке мешка, но отделены от нее пустым промежутком, — в нашем случае прилегание к оболочке периферических яиц стоит вне сомнений.

Нельзя не согласиться с Wolf'ом, что резистентность яиц *D. castor*, в частности их способность переносить высыхание водоема, обусловливается и свойствами яйцевогомешка. Вряд-ли однако, можно считать доказанным предположение автора, что уже этой мешечной оболочки в данном случае достаточно, и что способность яиц противустоять усыханию обусловлена не присутствием собственно яйцевой оболочки, но именно своеобразным строением яйцевого мешка. Я полагаю, что у *D. amblyodon* обе эти оболочки служат для перенесения неблагоприятных условий (высыхание водоема) и, принимая во внимание толщину собственно яйцевой оболочки, не исключается, что для этой цели достаточно образования лишь последней. Впрочем, этот вопрос может быть решен окончательно лишь экспериментальным путем, при постановке опытов над яйцами изолированными и, одновременно, над цельными яйцевыми мешками.



Рис. 2. Часть разреза через яйцевой мешок *D. amblyodon*. Оболочка мешка тесно прилегает к яйцевой оболочке. Зернистость не изображена. Ок. 2 об. Д Цейсса, рисовальный аппарат Аббэ

Исследования Häcker'a 1901, 1902), Wolf'a (1903, 1905), Ekman'a (1904), Wesenberg-

[1]) Оба рисунка уменьшены вдвое против зарисованных.

Lund'a (1905) и др. авторов показали, что образование покоющихся яиц свойственно целому ряду видов *Diaptomus*, так как яйца принимаются не только для европейских, но также и для южно-американских, индийских и др. форм, и под тропиками вероятно, представляют обычное явление (A. Tollinger 1911).

Можно думать, что дальнейшие исследоввния в этом направлении докажут образование покоющихся яиц и для многих других *Diaptomidae*, у коих в данное время они неизвестны.

Такие исследования имеют весьма существенное значение для вопроса о географическом распространении пресноводных *Calanoida*. Само собою разумеется, что из мелких высыхающих водоемов покоющиеся яйца могут разноситься ветром, птицами и проч. животными. Оба эти способа пассивного переноса для *D. amblyodon* весьма вероятны, так как мелкие маленькие лужи летом совершенно высыхают и, будучи расположенными среди открытой местности, легко подвергаются действию ветра, причем сухие частицы почвы могут переноситься на значительное растояние. Этим обстоятельством легко об'ясняется присутствие *D. amblyodon* в многочисленных лужах окрестностей Никольского рыбоводного завода и, возможно, что в общем распространении этого вида вообще рассматриваемая стадия покоя играла существенную роль. Кроме того, в нашем случае не исключается возможность занесения яиц из одного водоема в другой пасущимся скотом.

Хотя мною не был прослежен весь цикл развития *D. amblyodon* тем не менее можно считать наиболее вероятным, что после откладки яиц последние находятся в латентном состоянии до следующего наполнения водоема водой, т. е. до весны следующего года (как правило). Весной из яиц вылупляются науплиусы, причем развитие яиц должно итти ускоренным темпом; в мае колония достигает половозрелости, приступает к размножению и сразу-же продуцирует покоющиеся яйца; — по иследованиям Wolfa (loc cit.), уже первая генерация *D. castor* Jur. образует яйца такого рода.

Затем, по высыхании водоема, опять наступает стадия покоя. Можно поэтому полагать, что покоющиеся яйца *D. amblyodon* могут переносить, помимо усыхания водоема, также и значительное понижение температуры.

Следует иметь ввиду, что цикличность одного и того-же вида *Diaptomus* не одинакова в водоемах различной гидрологической

физиономии. Но, принимая во внимание биологию *D. amblyodon*, весьма вероятно, что эта схема цикла является для него наиболее характерной, т. е. это — по преимуществу (если не исключительно) моноциклическая форма [6]).

Подтверждением моноцикличности *D. amblyodon* в мелких водоемах, высыхающих летом и вновь наполняющихся водою весной следующего года, служит то обстоятельство, что в конце мая во многих водоемах окрестностей Никольского завода я констатировал сильное уменьшение количества неделимых и не нашел науплиусов. В соответствии с этим стоят наблюдения Корчагина (l. cit. стр. 11), по которым «в начале мая число особей достигает громадной цифры, в первой-же половине июня уже нельзя достать ни одного экземпляра».

По наблюдениям Wolf'а (l. cit стр. 114), множество яйцевых мешков с покоющимися яйцами *D. castor* падает на дно водоема вместе с трупами самок. В одном из водоемов окр. Ник. рыб. завода я наблюдал это-же и для *D. amblyodon*, хотя я полагаю, что не исключается возможность опускания на дно также и изолированных яйцевых мешков.

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Ekman, S. „Die Phyllopoden, Cladoceren und freilebenden Copepoden d. nordschwed. Hochgebirge". Zool Jahrb. Abt. f. Syst. T. XXI, 1904
2. Guerne, J. et Richard J. „Révision des Calanides d'eau douce" Mém. Soc. Zool. de France. T. II, 1889.
3. Häcker. V. „Ueher die Fortpflanzung der limnetischen Copepoden des Titisees". Ber. Naturf. Ges zu Freiburg i. Br. T. XII, 1902.
4. — „Über das Schicksal der elterlichen u. groselterlichen Kernantheile". Zool. Jahrb.. Abt. f. Syst T. XVII, 1902.
5. Корчагин, А. Н. „Фауна Московских окрестностей: 1. Ракообразные". Изв. Имп. Общ. Л. Е. А. и Этн. Тр. Лабор. Зоол. Муз. III, в. 2, 1887
6. Лепнева, С. Г. „Очерки из жизни пресных вод" Ярославль, 1916.
7. Marenzeller, E. „Über Diaptomus amblyodon n. sp.". Verhandl. d. K. Zool.-bot. Ges. Wien. T 23, 1873.
8. Мейснер, В. И. „Очерк зимней фауны озера Кабана". Тр. Общ. Ест. И. Казанск. Унив. Т. XXXIX, в 3, 1904

[6]) Предположение о существовании еще одной генерации (до мая) весьма мало вероятно.

9. Рылов, В. М. „К фауне Copepoda Новгородской губернии" Тр. И. Петрогр. Общ. Ест. Т. XLVI, в. [illegible] № 5 [illegible]
10. Совинский, В. К. „Материалы к фауне преснов. ракообразных Юго-Западного края" Зап. Киевск. Общ. Естеств. Т. XI. 1891
11. Tollinger, M. A. „Die geographische Verbreitung der Diaptomiden". Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. T. XXX. 1911.
12. Wolf, E. „Dauereier u. Ruhezustande bei Copepoden" Zool. Anzeger. T. 27. 1903.
13. — „Die Fortpflanzungsverhältnisse unserer einheimischen Copepoden". Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. T. XXII. 1905.
14. Воронков, Н. В. „Краткий отчет о деятельности планктонной комиссии" etc. Изв. И. Общ. Л. Е. А. и Этн., Дневн. Зоол. Отд. Т. III. № 10. 1911.

On the biology of Diaptomus amblyodon Marenz.

V. M. Rylov.

(Résumé).

In the present note the author states the results of his observations on the biology of D. amblyodon in the shallow pools (of the government of Novgorod) which dry up in summer. These pools are situated on quite open meadows not covered with berbage in summer and present depressions in the ground which in spring become filled with snow water.

Soon after they are filled (April) nauplius forms appear in the pools and to the 15—th May the colony attains sexual maturity— ♀ ♀ with egg-pouch and spermatophores attached, as well as ♂ ♂ are encountered abundantly. Towards the end of May the number of individuals decreases considerably and the June the basin dry up altogether.

Examination of the egg pouches (stained with Ehrlich's haematoxylin and eosin; sections 5—10 μ thick) has shown that the eggs of D. amblyodon possess a very thickened exterior membrane (fig. 1) and resemble the resting eggs of D. coeruleus Fisch. (Wolf 1903, 1905 „light blue form"); no interior membrane was established, possibly it is formed later, in the gastrula stage (all the eggs examined by the author were in the blastula stage), as is supposed by Ekman (1904) for D. graciloides Lill.

However, in D. amblyodon the membrane is not stratified, as noted by Wolf in D. coeruleus. The membrane of he egg—pouch in D. amblyodon is also thickened (fig. 2). The same having been observed by Wolf (l. cit.) in D. castor Jur.

The observations adduced point to the monocyclicity of D. amblyodon. The resting-eggs of this species endure the complete drying up of the basin; thus, during summer the crustacean remains in a latent state in which it passes the winter, and only in the spring of the year following, when the pools again become filled with snow water, the nauplius forms are hatched from the eggs and the colony again repeats the foregoing cycle.

Sonderabdruck
aus „Archiv für Hydrobiologie“. Bd. XVIII. Seite 207—223.

Ueber die Schlammablagerungen des Ilmen-Sees

Von
W. M. Rylov, Leningrad

Mit 4 Mikrophotographien auf Taf. VI.

Stuttgart 1927
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Erwin Nägele) G. m. b. H.

Ueber die Schlammablagerungen des Ilmen-Sees.

Von W. M. Rylov, Leningrad.

Mit 4 Mikrophotographien auf Taf. VI.

Im Jahre 1923—1924 arbeitete am Ilmen-See eine Ichthyologische Abteilung der hydrotechnischen Bauten „Wolchovstroj“. Außer den speziell fischereiwirtschaftlichen Untersuchungen wurde dabei auch ein vielseitiges, allgemein hydrobiologisches Studium dieses Sees ausgeführt. Ein kleines, während dieser Untersuchungen gesammeltes und aus acht Schlammproben bestehendes Material war mir zur Bearbeitung übergeben worden. Sämtliche Schlammproben wurden mit einer, von Dr. P. F. Domratschev spez. für quantitative Bodenuntersuchungen konstruierten Dredge (Domratschev 1, 2, 1924) eingesammelt. Diese Dredge greift nur die Oberflächenschicht des Schlammes (bei weichem Grund bis zu ca. 10 cm Tiefe) und deshalb können unsere Proben nur die oberflächlichen Schlammablagerungen charakterisieren; die Stratifikation des Schlammes bleibt dabei ganz unberücksichtigt.

Das Studium der Schlamm-Genesis im Zusammenhang mit physikalisch-chemischen und biologischen Verhältnissen des Gewässers stellt ein sehr wichtiges Problem der modernen Limnologie dar. Die ebenso wichtige Frage über den Einfluß der Schlammablagerungen auf das Wassermilieu ist mit diesem Problem eng verknüpft. Es genügt nur auf jene Stellung hinzuweisen, welche die Schlammkunde heutzutage in der von A. Thienemann und E. Naumann aufgebauten Seetypen-Lehre einnimmt. Die Bedeutung der Schlammkunde für den Ausbau der regionalen Limnologie ist daraus ohne weiteres ersichtlich. Auf eine dringende Notwendigkeit des vielseitigen Studiums der limnischen Schlammablagerungen wurde auf der letzten (dritten) Versammlung der Internationalen Limnologischen Vereinigung (in Rußland) hingewiesen, wobei die Schlammkunde als Hauptthema der vierten Versammlung (in Roma, 1927) gewählt wurde.

Unser Material ist natürlich zu klein, um alle, für den Ilmen-See möglichen Schlamm-Modifikationen zu berücksichtigen. Es ist aber

hinreichend, um die beiden Haupttypen, d. h. die pelagischen und die litoralen Schlammablagerungen zu charakterisieren. Außerdem können wir auf Grund dieses Materials die Genesis der Schlammablagerungen mit hydrologischen und biologischen Eigentümlichkeiten des Sees im Sinne der modernen Lehre von den biologischen Seetypen zusammenstellen. Das zwingt mich, meine, wenn z. T. auch fragmentären Resultate in dieser Mitteilung kurz zu behandeln.

Untersuchungsmethode.

Die von mir angewandte Methode ist im Prinzip dieselbe, welche von E. Naumann (5, 1917. S. 125—132; 6, 1921. S. 122—127; 7, 1923 S. 114—122) vorgeschlagen wurde.

Zuerst wird der Schlamm in einem grobmaschigen Sieb (0,5 mm^2) ausgespült, um die gröberen Strukturelemente (größere Pflanzenfragmente usw.) zurückzuhalten. Dann wird ca. 2 cm^3 des frischen Schlammes durch ein feinmaschiges Sieb (Müllergaze Nr. 9, ca. 1450 Maschen pro 1 cm^2) durchgelassen, wobei kleinere Elemente des Schlammes gut getrennt werden[1]). Für die Kotballen (Oligochaeten, Chironomiden-Larven) und Cladoceren-Schalen gibt dieses feine Aussieben treffliche Resultate; bei gewöhnlicher mikroskopischer Untersuchung des frischen Materials im Wassertropfen treten diese Elemente in der Gesamtmasse der feinen Schlammpartikelchen z. T. stark zurück. Das feine Aussieben muß mit Vorsicht gemacht werden, um die Kotballen nicht zu zerstören. Einen Teil der Probe habe ich auch mit Hilfe der Naumann'schen Absetz- und Dekantierungs-Methode bearbeitet[2]).

Die feinere Struktur der Schlammablagerungen wurde von mir nach Durchmusterung folgender Präparate festgestellt:

1. Drei Präparate im Wasser. 2 cm^3 des frischen Schlammes werden mit einem dreifachen Wasservolumen verdünnt und stark geschüttelt; ein Tropfen dieses Gemisches wird dann auf den Objektträger übergeführt und mit einem Deckglas 20×20 mm bedeckt. Hierauf folgt eine mikroskopische Durchmusterung von drei solchen Präparaten. Die hier beschriebene Methode ist in einer Instruktion vorgeschlagen, welche von der hydrobiologischen Abteilung des Russischen Hydrologischen Instituts veröffentlicht wurde[3]).

[1]) Es sei erwähnt, daß die Ausspülung des Schlammes durch ein feines Sieb (Müllergaze) schon von G. Schneider (9, 1908) verwendet wurde.

[2]) Zur Methode des Absiebens durch Müllergaze ergab die Absetz- und Dekantierungs-Methode in unserem Fall keinerlei ergänzende Resultate, weshalb wir unten nur die Angaben der erstgenannten Methode anführen.

[3]) Bull. de l'Inst. Hydrol. de Russie, Nr. 1—3, 1921, S. 255—257.

2. Drei Präparate (20×20 mm) in Kanadabalsam (NAUMANN l. cit.). Spez. für Diatomeen bestimmt.
3. Drei Trockenpräparate (NAUMANN's Ausstrichtypus). Spez. für *Mallomonas*-Nadeln und ähnliche Elemente bestimmt.

Kurze Beschreibung des Ilmen-Sees.

Der See liegt im Gouv. Nowgorod (NW-Rußland) zwischen 58° 27′ u. 58° 9′ n. Br. u. 0° 36′ w. 1° 21′ ö. L. (bei einem mittleren Niveaustand von ca. 18 m ü. d. Baltischen Meer). Das Areal der Wasseroberfläche schwankt sehr bedeutend, — von 767,3 km² bis zu 2003 km². Die mittlere Tiefe ist eine sehr geringe, — bei mittlerem Niveaustand beträgt sie nur 2,75 m. Wie aus diesen Angaben ersichtlich ist, stellt der Ilmen-See ein umfangreiches, aber sehr seichtes Gewässer dar. Ein sehr bedeutender Teil der Gesamtoberfläche des Bodens umfaßt die Isobathe 3—3,5 m. In der Mitte ist der See am tiefsten (4—4,5 m, bei einem mittleren Niveaustand). Die Ufer sind größtenteils flach und sandig, nur an wenigen Stellen etwas versumpft.

Der Ilmen-See hat 52 Zuflüsse (drei von ihnen sind groß: die Flüsse Msta, Lowatj und Schelonj) und stellt ein überaus stark durchflossenes Bassin dar. Jährlich bringen diese Zuflüsse eine gewaltige Menge von Seston (besonders minerogener Natur) zu, welches sich dann am Boden des Sees sedimentiert, wobei die Tiefe des Sees von Jahr zu Jahr allmählich abnimmt.

Eine überaus unbedeutend ausgebildete (oder völlig abwesende) t° und O_2-Stratifikation im Sommer ist für unseren See sehr charakteristisch. Als Regel sind alle Wasserschichten im Sommer sauerstoffreich. Diese Erscheinung stellt eine direkte Folgerung einer Wirkung der sehr häufigen und kräftigen Wellenbewegungen dar, welche die ganze Wassermasse stark vermischen und die Stratifikation zerstören. Nur bei ganz stillem Wetter ist im Sommer eine scharfe Stratifikation vorhanden, die aber gewöhnlich nur eine sehr kurze Zeit anhält. Im Winter, wenn der See mit Eis bedeckt ist, finden wir eine langandauernde verkehrte Stratifikation, wobei infolge der Tätigkeit des Schlammes die unterste Wasserschicht den O_2-Gehalt ziemlich bedeutend (bis ca. 1,22 cm³ ‰) verliert.

Nach seinen Produktionsverhältnissen stellt der Ilmen-See ein eutrophes Gewässer dar. Durch meine Plankton-Untersuchungen (RYLOV 8, 1926) ist die eutrophe Natur dieses Sees sicher festgestellt. Die oben erwähnte eigentümliche O_2-Stratifikation steht in keinem kausalen Zusammenhang mit der Trophie-Stufe des Sees und ist nur durch meteorologische und hydrologische (Durchfluß) Verhältnisse bedingt.

Ergebnisse der Untersuchung der Schlammproben.

Station Nr. 2. NW-Teil des Sees, ca. 4,5 km vom Ufer, 9. VIII. Tiefe 4,25 m. Die Schlammprobe ist oliv-grau gefärht (mit einer, etwas braunen Nuance). Makroskopisch — eine feinkörnige homogene Masse Der ausgetrocknete Ausstrich ist hellgrau gefärbt. Mikrophoto 1.

Der gröbere Siebrest: spärliche große Pflanzenfragmente.

Der feinere Siebrest: *Bosmina coregoni*-Schalen und runde (oder schwach ovale) Kotballen vorherrschend. Weniger zahlreich *Chydorus*-Schalen und *Difflugia*-Gehäuse (hauptsächlich *D. acuminata*). Vereinzelt *Acroperus* und *Alona* (*affinis*?)-Schalen und Fäden von *Melosira islandica* var. *helvetica*. Vereinzelt die gröberen Sandpartikeln und zerkleinerte Pflanzenfragmente.

Präparate Nr. 1, 2 u. 3: massenhaftes Auftreten von sehr kleinen mineralen Partikeln, dazu viel von flockigem, feinem Detritus. Folgende Komponenten sind ziemlich zahlreich: Panzer von *Melosira* und *Stephanodiscus astraea*, Panzer von *Surirella* und anderen benthischen Diatomeen, Schalen von *Bosmina coregoni*. Wenige kleine Pflanzenfragmente. Vereinzelt *Chydorus*- und *Daphnia*-Schalen, Postabdomen von *Alona* und *Eurycercus*, *Difflugia limnetica* und *Codonella lacustris*-Gehäuse, Spongia-Nadeln; selten Coniferen-Pollen und Lepidopteren-Schuppen.

Station Nr. 7. SW-Teil des Sees, ca 4,5 km vom Ufer, 10. VIII. Tiefe 4 m.

Makroskopisch ist diese Probe mit der vorigen identisch. Gröbere und feinere Siebreste — wie bei der vorigen Probe. Präparate Nr. 1, 2 u. 3. Prävalenz von sehr kleinen (< 0,01 mm) mineralen Partikelchen (sehr viel) und von flockigem Detritus; wenige kleine Pflanzenfragmente. Vereinzelt Spongia-Nadeln, leere *Scenedesmus*-Zellen, Ostrakoden-Schalen, Reste von *Sida crystallina* (Postabdomen), *Difflugia acuminata*-Gehäuse, Coniferen-Pollen und Lepidopteren-Schuppen. Folgende Komponenten sind zahlreich: *Melosira*- und *Stephanodiscus astraea*-Panzer, *Chydorus* und *Bosmina coregoni*-Schalen, *Difflugia limnetica*- und *Codonella lacustris*-Gehäuse. Etwas spärlicher sind die Panzer von *Surirella* und von anderen benthischen Diatomeen. Vereinzelt *Alona*-Schalen. Unsere Mikrophotographie 2 stellt ein Präparat in Kanadabalsam dar.

Station N 8. SW-Teil des Sees, ca 7 km vom Ufer, 10. VIII; Tiefe 4,25 m. Makroskopisch wie vorige Probe.

Die Siebreste sind mit den der Station Nr. 2 u. 7 identisch. Präparate Nr. 1, 2 u. 3. Dominanz von sehr kleinen mineralen Partikelchen und von feinem flockigen Detritus. Wenige kleine Pflanzenfragmente. Viele *Melosira*- und *Stephanodiscus astraea*-Panzer und

Bosmina coregoni-Schalen, weniger zahlreiche Panzer von *Surirella* und von anderen benthischen Diatomeen, Schalen von *Chydorus* und *Alona*. Vereinzelt Gehäuse von *Difflugia acuminata*, *D. limnetica* und *Codonella lacustris*. Vereinzelt *Camptocercus*-Reste (Postabdomen), Spongien-Nadeln und Coniferen-Pollen.

Station Nr. 23. SO-Teil des Sees, ca. 3,5 km von der Mündung des Lowatj-Flusses, 14. VIII; Tiefe ca. 4,5 m.

Der Schlamm ist etwas bräunlich gefärbt. Infolge des Austrocknens der Probe wurden die Siebreste nicht bestimmt.

Präparate Nr. 1, 2 u. 3. Dominanz von sehr kleinen Mineralpartikelchen und von feinen flockigen Detritus, obwohl größere Mineralpartikel (0,03—0,05 mm) sind auch ziemlich zahlreich. Die Beimischung von gröberen und kleineren Pflanzenfragmenten ist sehr bedeutend. *Melosira*- und *Stephanodiscus*-Panzer und Cladoceren-Schalen sind spärlicher als in vorigen Proben. Es sind *Bosmina longirostris*-Schalen vorhanden, die in vorigen Proben fehlen. Wenige Panzer von benthischen Diatomeen, vereinzelt *Difflugia limnetica*- und *Codonella lacustris*-Gehäuse, Spongien-Nadeln, Reste von Insecten-Larven und Coniferen-Pollen.

Station Nr. 30. NW-Teil des Sees, ca. 7,5 km vom südlichen Ufer, 26. VIII.; Tiefe 4 m.

Makroskopisch ist diese Probe mit den Proben St. Nr. 2,7 u. 8 identisch.

Der gröbere Siebrest: spärliche große Pflanzenfragmente. Der feinere Siebrest besteht hauptsächlich aus den runden und schwach ovalen Kotballen und aus den Cladoceren-Schalen (*Bosmina coregoni* und *B. obtusirostris*). Die Gehäuse von benthischen Difflugien sind ziemlich zahlreich. Vereinzelt gröbere und kleinere Pflanzenfragmente, *Chydorus*- und *Alona* (*affinis*?)-Schalen und *Melosira*-Fäden.

Präparate Nr. 1, 2 u. 3. Dominanz von sehr kleinen Mineralpartikelchen ($< 0,01$ mm) und von flockigem Detritus. Folgende Komponenten sind ziemlich zahlreich: *Melosira*- und *Stephanodiscus*-Panzer, *Codonella lacustris*-Gehäuse, Schalen von *Bosmina coregoni* und *Bosmina obtusirostris*. Wenige Panzer von benthischen Diatomeen. Vereinzelt *Chydorus*, *Alona*- und *Pleuroxus uncinatus*-Schalen, Ostracoden-Schalen, *Difflugia acuminata*- und *D. limnetica*-Gehäuse, leere Sporen von *Aphanizomenon* und *Anabaena*, Coniferen-Pollen.

Station Nr. 33. SW-Teil des Sees, ca 2 km vom südlichen Ufer, 27. VIII.; Tiefe 3,1 m.

Der Schlamm ist grau gefärbt, z. T. mit bräunlichen Flecken. Der gröbere Siebrest: zahlreiche gröbere Pflanzenfragmente. Der feinere Siebrest: Dominanz von runden und schwach-ovalen Kotballen und von Cladoceren-Schalen (*Bosmina coregoni* und

B. obtusirostris — viele, *Chydorus* und *Alona* — wenige, *Pleuroxus uncinatus, Camptocercus* und leere *Daphnia*-Ephippien — vereinzelt). Vereinzelt Chitinreste von Chironomiden-Larven und *Difflugia*-Gehäuse. Kleine Pflanzenfragmente sind ziemlich zahlreich.

Präparate Nr. 1, 2 u. 3. Dominanz von kleinen und mittelgroßen (0,01—0,02 mm) Mineralpartikeln und von flockigen Detritus. Zahlreiche kleine Pflanzenfragmente und Schalen von *Bosmina coregoni*. Wenige Panzer von *Melosira, Stephanodiscus astraea* und von verschiedenen benthischen Diatomeen. Vereinzelt *Bosmina obtusirostris, Chydorus-, Alona-* und *Pleuroxus*-Schalen, runde Kotballen, Spongien-Nadeln, Ostracoden-Schalen, *Difflugia limnetica-* und *Codonella lacustris*-Gehäuse und Coniferen-Pollen.

Station Nr. 37. S-Ufer, Bucht „Tulebskij", 27. VIII., Tiefe 1.5 m. Der Schlamm ist hellgrau gefärbt. Makroskopisch sind die gröberen Sandpartikeln gut erkennbar.

Der gröbere Siebrest: viele größere Sandpartikeln und Pflanzenfragmente. Der feinere Siebrest: zahlreiche gröbere Pflanzenfragmente und Mineralpartikeln. Die Cladoceren Schalen (*Bosmina coregoni, B. longirostris, Chydorus, Alona, Alonella excisa* und *Pleuroxus*) und Kotballen sind nur spärlich repräsentiert. 1 Ex. von leerem *Daphnia*-Ephippium. Vereinzelt Gehäuse von Trichopteren-Larven, Reste von Chironomiden-Larven und Wassermoos-Fragmente (Mikrophotographie 3).

Präparate Nr. 1, 2 u. 3 (Mikrophotographie 4). Die gröberen Partikeln sind vorherrschend. Der flockige Detritus ist nur sehr spärlich vertreten. Zahlreiche große und kleine Pflanzenfragmente.

Folgende Komponenten sind nur vereinzelt: Cladoceren-Schalen (*Bosmina coregoni, B. longirostris, Chydorus, Pleuroxus*), Ostracoden-Schalen, *Codonella*-Gehäuse, Spongien-Nadeln, Reste von Insekten-Larven, Panzer von *Melosira, Stephanodiscus* und von verschiedenen benthischen, z. T. größeren Diatomeen, Coniferen-Pollen.

Station Nr. 40. ca. 7 km vom Ufer, 28. VIII.; Tiefe 4 m. Der gröbere Siebrest: gröbere Pflanzenfragmente und *Tubifex*-Röhren, vereinzelt. Der feinere Siebrest: viele runde und schwach-ovale Kotballen und Cladoceren-Schalen (*Bosmina coregoni, B. obtusirostris, Chydorus, Alona*). Vereinzelt leere *Daphnia*-Ephippien, wenige *Difflugia*-Gehäuse.

Präparate Nr. 1, 2 u. 3. Dominanz von kleinen Mineralpartikeln und von flockigen Detritus. Folgende Komponenten sind ziemlich zahlreich: kleine Pflanzenfragmente, Panzer von *Melosira, Stephanodiscus* und von verschiedenen benthischen Diatomeen, *Bosmina coregoni*-Schalen und *Codonella lacustris*-Gehäuse. Vereinzelt *Difflugia*

acuminata- und *D. limnetica*-Gehäuse, Spongien-Nadeln, *Trachelomonas*-Gehäuse, Postahdomen von *Limnosida*, Coniferen-Pollen. Wenige *Chydorus*-Schalen.

Die Hauptcharakteristik der pelagischen und der litoralen Schlammahlagerungen des Ilmen-Sees.

Die pelagischen Ablagerungen sind durch Schlammproben von Station Nr. 2, 7, 8, 30 und 40 repräsentiert, welche im zentralen Gebiete des Sees gelegen sind und durch die Isohathe von 4 m begrenzt sind.

Ich habe schon früher darauf hingewiesen (Rylov 1926), daß wir im allgemeinen das Netz-Plankton dieses Gebietes mit vollem Recht als Eulimnoplankton hezeichnen können. Es sei auch erwähnt, daß in diesem Gebiet des Ilmen-Sees jegliche Makrophytenvegetation fehlt und die Sichttiefe zwischen 0,15—1,25 m schwankt, d. h. sehr gering ist. Nach den oben angeführten Analysen können wir die pelagischen Schlammahlagerungen des Ilmen-Sees durch folgende Merkmale charakterisieren:

1. Die überwiegende Masse des Schlammes hesteht aus sehr kleinen ($< 0{,}01$ mm) mineralen Partikelchen (Sand, Ton);
2. Unter den organogenen Komponenten steht der feine flockige Detritus im Vordergrunde, obwohl quantitativ dieser Detritus eine viel geringere Rolle, als die mineralen Bestandteile spielt;
3. Gröbere Mineralpartikel sind nur spärlich vertreten;
4. Auch gröbere Pflanzenfragmente sind spärlich;
5. Die planktogenen Komponenten spielen eine verhältnismäßig bedeutende Rolle, und zwar handelt es sich hier um folgende Komponenten:

Zooplanktogene: Schalen (und Antennen) von *Bosmina coregoni* und *B. obtusirostris*, Schalen von *Chydorus sphaericus*, Reste von *Limnosida frontosa* (Postabdomen, Endkrallen), leere *Daphnia*-Ephippien, *Difflugia limnetica-* und *Codonella lacustris*-Gehäuse.

Phytoplanktogene: *Melosira-* und *Stephanodiscus*-Panzer (besonders charakteristisch!). Sonst *Scenedesmus* und *Trachelomonas*-Reste und Schizophyceen-Sporen (vereinzelt!).

6. Die Kothallen sind zahlreich.

Die Proben der Stationen Nr. 33 und Nr. 37 können wir zu den litoralen rechnen. Die Schlammablagerungen der Station Nr. 33 sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

1. Durch bedeutende Beimischung von gröberen Pflanzenfragmenten;
2. Durch eine etwas weniger ausgesprochene Beimischung von phytoplanktogenen Komponenten (*Melosira*, *Stephanodiscus astraea*-Schalen);
3. Durch eine mehr ausgesprochene Beimischung von verhältnismäßig gröberen mineralen Partikeln.

Die behandelte Station hat eine Tiefe von 3,1 m, befindet sich nahe vom Ufer und liegt gerade auf der Grenze zur Isobathe 1—2 m. Nach ihrer Lage bildet diese Station ein Zwischenglied zwischen pelagischer und litoraler Region, wobei ihre Ablagerungen dementsprechend gut durch litorale Merkmale charakterisiert werden, obwohl die Schalen der pelagischen Bosminen (*B. coregoni*, *B. obtusirostris*) hier noch ziemlich zahlreich sind.

Die Schlammablagerungen der Station Nr. 37 sind typisch litoral. Hier finden wir folgende Merkmale:

1. Ein Vorherrschen der verhältnismäßig großen mineralen Partikeln; kleinere minerale Partikeln treten in den Hintergrund;
2. Die Beimischung von gröberen Pflanzenfragmenten ist sehr bedeutend;
3. Die Kotballen spielen eine geringe Rolle;
4. Die planktogenen Komponenten sind nur spärlich vertreten;
5. Der flockige Detritus tritt viel seltener auf, als in den pelagischen Ablagerungen.

Die Schlammablagerungen der Station Nr. 23 sind durch einige spezifische Merkmale gekennzeichnet. Die gröberen Pflanzenfragmente spielen hier nämlich eine sehr merkliche Rolle. Auch die gröberen mineralen Partikeln sind hier zahlreich. Dagegen sind die planktogenen Komponenten etwas seltener, als in den Schlammablagerungen der Stationen Nr. 2, 7, 8, 30 und 40. In Hauptzügen stehen die Ablagerungen der Station Nr. 23 sehr nahe den litoralen, was durch die Lage dieser Station eine gute Erklärung findet. Sie liegt gegenüber dem großen Lowatj-Fluß und befindet sich unter dem Einfluß seiner Strömungen.

U. a. sei darauf hingewiesen, daß in den Schlammablagerungen der Station Nr. 23 *Bosmina longirostris*-Reste vorgefunden wurden, welche in den Schlammablagerungen der pelagischen Region gänzlich fehlen. Nach meinen früheren Untersuchungen (Rylov 8, 1926, S. 308, Verbreitungskarte Nr. 4) ist die Verbreitung dieser Art im Ilmen-See streng auf die litorale Zone beschränkt.

In DOMRATSCHEV's „Hydrobiologischer Skizze des Ilmen-Sees" [1] (3, 1926) sind einige wichtige Angaben über mechanische und chemische Analysen der Schlammablagerungen der hier behandelten Stationen angeführt. Die mechanische Analyse (nach SABANIN's Methode) ergab folgende Resultate:

Station Nr.	7	8	23	30	33	37	40
Hygroskopisches Wasser %	3,42	3,23	2,00	3,98	2,50	1,37	3,73
Grobkörnige Erdteilchen %							
1 —0,5 mm	—	—	—	—	—	—	—
0,5—0,25 „	0,41	2,25	0,02	0,02	0,25	0,20	0,11
Feinkörnige Erdteilchen %							
0,25—0,05 mm	8,28	6,75	1,61	11,45	5,35	53,89	8,25
0,05—0,01 „	23,81	30,00	56,74	11,45	53,07	38,21	13,10
$<$ 0,01 „	67,50	61,00	41,63	77,08	41,33	7,70	78,27

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der chemischen Analyse zusammengestellt:

Station Nr.	2	8	23	30	37	40
SiO_2 %	57,14	60,11	69,22	53,85	83,57	55,62
Fe_2O_3 %	3,67	2,97	2,02	4,23	0,86	7,99
Al_2O_3 %	18,66	18,97	12,67	20,70	7,11	15,45
MgO %	1,58	0,92	0,90	1,59	0,58	1,70
CaO %	0,98	1,55	0,82	0,96	0,69	0,86
K_2O %	3,36	2,66	2,82	3,15	1,89	3,23
Na_2O %	0,87	0,52	4,09	0,70	0,48	0,98
TiO_2 %	1,00	0,90	0,74	1,04	0,65	0,93
MnO %	Spuren	0,10	Spuren	Spuren	0,06	0,09
CO_2 %	—	0,77	0,11	—	—	—
Hygroskop. Wasser %	2,98	3,23	2,02	3,89	0,98	3,71
Glühverlust %	9,95	7,03	4,84	10,02	2,88	9,49

Aus diesen Tabellen ist deutlich zu ersehen, daß die pelagischen (St. Nr. 2, 7, 8, 30 u. 40) und die litoralen (St. Nr. 23, 33 u. vor allem

[1]) Die Hauptresultate meiner Untersuchungen der Schlammablagerungen des Ilmen-Sees in dieser Arbeit sind nach meinem noch nicht veröffentlichten russischen Manuskript und mit meiner Einwilligung mitgeteilt. Dieses Manuskript war schon im Jahre 1924 abgeschlossen und nicht zum Druck gelangt. Hier wird es deutsch publiziert.

St. Nr. 37) Schlammablagerungen auch nach ihrer mechanischen und chemischen Zusammensetzung gut zu unterscheiden sind. Die pelagischen Ablagerungen sind durch einen sehr hohen Gehalt von feinkörnigen Bestandteilen (< 0,01 mm), durch einen etwas geringeren SiO_2-Gehalt und einen etwas höheren Gehalt an organischen Stoffen gekennzeichnet. Für die litoralen Ablagerungen ist gerade das Umgekehrte charakteristisch. Das stimmt mit den Resultaten unserer mikroskopischen Analysen (s. oben) gut überein. Die oben erwähnte Eigentümlichkeit der Ablagerungen der St. Nr. 23, welche bei der Mündung des Lowatj-Flusses liegt, stimmt mit den Zahlenwerten der angeführten Tabellen auch gut überein (s. z. B. angegebene Glühverlust-Werte).

Über den Einfluß einiger hydrologischer und biologischer Verhältnisse des Ilmen-Sees auf die Genesis seiner Schlammablagerungen.

Es handelt sich hier natürlich nur um die strukturell-morphologische Beschaffenheit des Schlammes; biologisch-chemische (-bakteriologische) Prozesse lassen wir dabei ganz beiseite. In unserem Fall sind letztere noch völlig unbekannt.

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, daß der Ilmen-See ein sehr stark durchflossenes Gewässer darstellt. Er hat 52 Zuflüsse, wobei vier von ihnen schiffbar sind (die Flüsse Lowatj, Msta, Schelonj und Pola). Das durch den Wolchow-Fluß aus dem See ausfließende Wasservolumen beträgt ca. 42 Millionen cbm pro Tag. Bei mittlerem Niveaustand (wobei die größte Tiefe ca. 4,4 m und mittlere Tiefe ca. 2, 6 m ist) erneuert sich die ganze Wassermasse des Sees alle 1½ Monate. Die Niveauschwankungen sind überaus bedeutend. So schwankt z. B. die größte Tiefe von 2,26 bis zu 9,74 m, wobei die Wassermasse des Sees beinahe 12 mal sich vergrößern kann (Domratschev l. cit. 1926, S. 352). Nach den neusten Untersuchungen von Sokolov (Sokolov 10, 1926) besteht das überschwemmte Ufergebiet hauptsächlich aus sandigen und tonigen Ablagerungen, welche bei hohem Wasserstand stark erodiert werden.

Es liegt auf der Hand, daß in einem See mit solchen Verhältnissen das minerogene Material in der Genesis der Bodenablagerungen eine große Rolle spielen muß. Es geht aus der oben angeführten Analyse hervor, daß die Beimischung von mineralen Partikeln in unseren Ablagerungen sehr bedeutend ist, nicht nur, was die litoralen, sondern auch die pelagischen Ablagerungen betrifft. Sämtliche Schlammproben werden durch eine ganz überwiegende Masse von mineralen Partikeln gekennzeichnet. Zahlreiche Zuflüsse bringen jährlich eine gewaltige

Menge von mineralem Seston zu, welches sich dann am Boden des Sees sedimentiert. Durch Erosion der sandigen und tonigen Ufer des Sees wird die Menge der am Boden sedimentierten mineralen Partikeln noch stärker bereichert.

Die gröberen, schweren Partikeln werden vor allem im Litoral, die leichteren kleineren Partikeln im zentralen Gebiet des Sees sedimentiert. Durch oben angeführte, sowohl mechanische, als auch mikroskopische Analysen der Schlammablagerungen sind diese Verhältnisse sehr gut illustriert. Die nahe dem Ufer liegende Station Nr. 33 und die bei der Mündung des Flusses liegende Station Nr. 23 sind beide durch eine hohe prozentuale Zahl (53,07 %—56,74 %) des Gehaltes von verhältnismäßig gröberen Partikeln charakterisiert. Die weit vom Ufer liegenden Stationen sind durch einen merklich größeren Gehalt von sehr kleinen Partikeln gekennzeichnet (61,00 %—78,27 %).

Aus den geologischen Untersuchungen geht hervor, daß die Tiefe des primären Kesseltals des Ilmen-Sees mehr als 30 m betrug. Jetzt ist es bis zu 90,5 % mit verschiedenen, z. T. älteren posttertiären, z. T. späteren alluvialen (ca. 27 %) Sedimenten ausgefüllt. Dieser Prozeß des allmählichen und stets fortführenden Seichtwerdens, welcher in Zukunft die Vernichtung des Sees verursachen wird, geschieht ganz überwiegend auf Kosten des minerogenen Materials.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der organischen Komponenten der Schlammablagerungen.

Die Ablagerungen der zentralen Region sind durch merklich ausgedrückte Beimischung der planktogenen Komponenten gekennzeichnet, wobei Panzer von *Melosira* [1]) und *Stephanodiscus astraea* und Schalen (resp. Antennen) von großen Bosminen (*coregoni* und z. T. *obtusirostris*) und *Chydorus sphaericus* hier quantitativ im Vordergrunde stehen. Der Schlamm einiger pelagischen Stationen enthält ziemlich zahlreiche leere Gehäuse von *Difflugia limnetica* und besonders solche von *Codonella lacustris*. Andere planktogene Komponenten spielen eine nur untergeordnete Rolle, und hier muß ich besonders die Seltenheit von Schizophyceen-Resten erwähnen, obwohl *Aphanizomenon* und *Anabaena* im Ilmen-See (im Sommer) massenhaft auftreten.

Es ist bekannt, daß ein Reichtum der Schlammablagerungen an phytoplanktogenen Komponenten spez. für die eutrophen Gewässer charakteristisch ist. Aus meinen eigenen Untersuchungen des Planktons des Ilmen-Sees (RYLOV 8, 1926) geht hervor, daß dieser See zu den

[1]) Nach freundlichster Bestimmung von Dr. W. S. Poretzky handelt es sich hier hauptsächlich um die Reste von *Melosira islandica* var. *helvetica* O. M., *M. italica* var. *tenuissima* O. M. und var. *subarctica* O. M., *M. distans* var. *pfaffiana* (Rein.) Gr. und *M. granulata* var. *procera* (E.) Gr.

eutrophen Gewässern gehört. Die Produktionshöhe des N-Phytoplanktons spricht sicher dafür. Die gewaltigen Wasserblüten infolge der massenhaften Entwicklung von Diatomeen (besonders *Melosira islandica* var. *helvetica*) und z. T. von Schizophyceen (besonders *Aphanizomenon flos-aquae*) stellen für unseren See eine langandauernde und sehr charakteristische Erscheinung dar.

Was das Zooplankton des Ilmen-Sees betrifft, so treten beide obengenannte Bosminen sehr oft auf; auch *Difflugia limnetica* und *Codonella lacustris* sind zahlreich.

Wie überhaupt in eutrophen Seen, so spielen auch im Plankton des Ilmen-Sees die lorikaten Rotiferen quantitativ und qualitativ eine sehr bedeutende Rolle, obwohl ihre Reste in den Schlammablagerungen ganz fehlen [1]). Für die planktischen Rotiferen ist das überhaupt charakteristisch. Nach Untersuchungen vieler Autoren treten die Rotiferen-Reste in Schlammablagerungen nur sehr selten und nur vereinzelt auf. Wenn die schon sedimentierten Rotiferen-Panzer in der Oberflächenschicht des Schlammes rasch zerlegt und aufgelöst werden, so müssen wir dennoch dementsprechende, noch nicht völlig aufgelöste Reste in dieser Schicht finden; — es sei hier besonders darauf hingewiesen, daß in der planktischen Bevölkerung die lorikaten Rotiferen überaus zahlreich sind und quantitativ und qualitativ eine ganz besonders wichtige Gruppe des limnischen Zooplanktons darstellen. Es scheint, daß die Rotiferen-Panzer in der Regel schon im Wasser selbst, ohne den Boden zu erreichen, völlig aufgelöst werden und folglich keine direkte Rolle als Material zum Bau des Schlammes spielen.

Aus den oben angeführten Angaben geht hervor, daß in den Ablagerungen der zentralen Region des Ilmen-Sees die Kotballen sehr zahlreich auftreten. Es handelt sich hier um runde oder schwach-ovale Kotballen. In der folgenden Tabelle sind einige Dimensionen derselben zusammengestellt (in mm, Stat. Nr. 8 und Nr. 30):

0,36 × 0,28	0,18 × 0,18	0,25 × 0,22
0,30 × 0,30	0,34 × 0,18	0,25 × 0,17
0,20 × 0,20	0,20 × 0,20	0,30 × 0,30
0,22 × 0,16	0,20 × 0,20	0,22 × 0,20
0,30 × 0,32	0,20 × 0,20	0,19 × 0,18
0,24 × 0,24	0,22 × 0,22	0,25 × 0,20
0,23 × 0,21	0,32 × 0,24	0,31 × 0,28

[1]) Es wurde nur ein Panzer von *Brachionus pala* gefunden, welcher wahrscheinlich eingeschwemmt war (im Ilmen-See wurde diese Art noch niemals gefunden).

Herr Dr. P. F. DOMRATSCHEV hat mir einige Resultate seiner quantitativen Bodenuntersuchungen des Ilmen-Sees freundlichst mitgeteilt. Von den Bodentieren, welche unsere Schlammablagerungen bewohnen (Stationen Nr. 8, 30, 40 u. a.), können nur Chironomiden-Larven und Oligochaeten diese Kotballen bilden. Und zwar sind diese zwei Organismen in den betreffenden Schlammablagerungen besonders zahlreich vertreten. Auf 1 qm Oberfläche des Grundes kommen bis ca. 2200 Ex. Chironomiden-Larven und bis ca. 1500 Ex. Oligochaeten vor (als Regel mehrere Hundert Exemplare), wobei alle anderen Tiere (Mollusken, Nematoden, Hirudineen, Trichopteren-Larven und Larven von einigen anderen Insekten) hauptsächlich nur vereinzelt vorkommen[1]). Diese Bevölkerungszahlen können darauf hinweisen, daß die Kotballen unserer Ablagerungen tatsächlich von Seiten der Oligochaeten und der Chironomiden-Larven ausgebildet werden[2]).

In seiner großen Arbeit über die Bodenfauna des Vättern-Sees erwähnt Sv. EKMAN (4,1915), daß in Schlammablagerungen dieses Sees zahlreiche runde „Exkrementballen“ gefunden wurden, welche nach EKMAN's Meinung sicher Oligochaeten-Exkremente darstellen. Ihre Größe schwankt von $0{,}25 \times 0{,}25$ mm bis zu $0{,}6 \times 1{,}0$ mm; natürlich steht hier die Exkrementen-Größe mit der Größe des betreffenden Exemplares in innigem Zusammenhang. Auf Fig. 3 seiner Arbeit gibt Sv. EKMAN einige Zeichnungen der von ihm gefundenen Exkrementballen, welche nach ihrer Gestalt z. T. an diejenige der Kotballen der unseren Schlammproben erinnern.

E. NAUMANN (5,1917) hat eine Reihe wertvoller Mikrophotographien der Schlammablagerungen einiger schwedischen Seen publiziert. Die auf einigen von diesen Mikrophoto abgebildeten Kotballen sind nach der äußeren Gestalt ganz mit den Kotballen aus der Ilmen'schen Schlammablagerung identisch. Auch die von E. NAUMANN bezeichnete Größe ($^1/_5$ bis zu $^1/_3$ mm) stimmt mit unseren, in der oben angeführten Tabelle zusammengestellten Dimensionen völlig überein. E. NAUMANN ist der Meinung, daß die in den Schlammablagerungen schwedischer Seen vorkommenden Kotballen sich z. T. auf Oligochaeten, z. T. auf Chironomiden-Larven beziehen. Meines Erachtens hat der Verf. keine Unterscheidungsmerkmale dieser zwei Kotballen-Gruppen gegeben.

Ich habe viele Chironomiden-Larven und Oligochaeten aus dem Ilmen-See in Bezug auf den Darminhalt geprüft. Auf einem, mit Toluol

---

[1]) Nur Pisidien sind etwas zahlreicher, obwohl ihre Anzahl niemals 250 bis 300 Ex. pro 1 qm übertrifft.

[2]) Es ist ja a priori ersichtlich, daß auch andere Bodentiere (z. B. Mollusken) hier eine koprogene Rolle spielen müssen. In unseren Schlammproben habe ich aber nur kleine rundliche (keine wurstförmigen) Kotballen gefunden.

erhellten und im Kanada-Balsam eingeschlossenen Präparate kann man die Anordnung der Exkremente im Darm ohne weiteres sicher feststellen. Aus diesen Darm-Untersuchungen geht hervor:

a) daß die Exkremente der von mir untersuchten Oligochaeten[1]) im Darm rosenkranzförmig angeordnet sind und demnach keine wurstförmige Masse bilden;

b) daß diese Exkremente rund oder schwach-oval sind und nach ihrer Gestalt und Zusammensetzung mit den Kotballen aus dem Schlamm des Ilmen-Sees ganz identisch ist;

c) daß im Darm von Chironomiden-Larven keine rosenkranzförmige Anordnung der Exkremente vorhanden ist, wobei ich bei einigen Larven sicher feststellen konnte, daß hinter dem wurstförmigen Darminhalt, 1—3 ganz isoliert liegende schwach-ovale Exkrementballen von einer Größe von 0,17 × 0,14 bis zu 0,30 × 0,24 mm vorhanden sind (Länge der Larven 10—15 mm[2]);

d) daß die isolierten Kotballen von Chironomiden-Larven nach ihrer Gestalt, Größe und Zusammensetzung den Kotballen der Oligochaeten so ähnlich sind, daß eine ganz sichere Unterscheidung hier kaum möglich ist.

In der folgenden Tabelle gebe ich einige Maßangaben der noch im Darm liegenden Oligochaeten-Kotballen (in mm):

0,23 × 0,25	0,20 × 0,17	0,28 × 0,17
0,22 × 0,22	0,25 × 0,20	0,28 × 0,26
0,22 × 0,22	0,20 × 0,20	0,31 × 0,22
0,25 × 0,20	0,25 × 0,23	0,30 × 0,22
0,30 × 0,31	0,28 × 0,22	0,28 × 0,27
0,30 × 0,30	0,25 × 0,17	0,30 × 0,30
0,23 × 0,23	0,25 × 0,19	0,28 × 0,28

Ich glaube deshalb, daß es am richtigsten wäre, die in den Schlammablagerungen des Ilmen-Sees von mir gefundenen Kotballen nicht nur zu den Oligochaeten, sondern auch zu den Chironomiden-Larven zu rechnen. Durch die Tatsache, daß beide Tiere in diesen Ablagerungen quantitativ eine überaus wichtige Rolle spielen, wird diese Voraussetzung bestätigt.

[1]) Nach freundlichster Bestimmung durch Herrn Prof. P. P. Iwanov besteht das von mir untersuchte Oligochaeten-Material aus zwei Arten: *Limnodrilus udekemianus* Clap. und *Limnodrilus nevaënsis* Michaels.

[2]) Nach Domratschev's Angaben wurden im Ilmen-See fast doppelt so große Exemplare von Chironomiden-Larven gefunden.

Es wäre sehr wichtig, schon in nächster Zeit einige experimentelle Untersuchungen über die Ausbildung von Exkrementen durch verschiedene benthische für die limnische Bodenfauna charakteristischen Organismen auszuführen. Methodologisch sind solche Untersuchungen nicht mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. Für die Schlammkunde sind sie dringend erwünscht, da ohne diesbezügliche, sicher angestellte Angaben es sehr schwer und z. T. unmöglich ist, koprogene Komponenten in den Schlammablagerungen sicher zu identifizieren.

Unsere Untersuchungen an Präparaten-Material weisen darauf hin, daß der flockige Detritus einen sehr wichtigen Bestandteil der Schlammablagerungen darstellt. Es liegt auf der Hand, daß nach seiner Herkunft dieser Detritus heterogen ist. Man kann aber vermuten, daß es sich hier vor allem um einen koprogenen Detritus handelt, welcher z. T. nichts anderes, als zertrümmerte und geflockte Kotballen von Chironomiden-Larven und Oligochaeten ist. Man muß hier auf die Arbeiten von Alsterberg und Solowiev hinweisen, welche eine kolossale Bedeutung des durch Oligochaeten produzierten koprogenen Detritus für die Erzeugung des Schlammes sicher feststellen. Die künstliche Zerquetschung der hier behandelten Kotballen liefert eine Detritus-Masse, welche nach ihrer Zusammensetzung und Konsistenz vom flockigen Detritus der Ilmen'schen Schlammablagerungen nicht unterscheidbar ist. Diese Masse besteht sowohl aus organischen (hauptsächlich sehr zerkleinerten Pflanzenfragmenten), als auch aus mineralen, durch den Darm bereits passierten Partikeln.

Was die Pflanzenfragmente anbetrifft, so wurden mehr oder weniger große Fragmente nur in der litoralen Region zahlreich gefunden (auch in der Probe Nr. 23, bei Lowatj-Mündung). In den Ablagerungen der zentralen Region des Sees stehen im Vordergrunde bereits zerkleinerte Pflanzenreste, wobei die größeren Fragmente merklich seltener sind. Es versteht sich, daß die Pflanzenfragmente z. T. aus dem Litoral des Sees, z. T. aus den Flüssen durch Strömungen hereintransportiert werden.

Einige Bemerkungen über die Klassifizierung der Schlammablagerungen des Ilmen-Sees.

Auf Grund unseres kleinen Materials ist es kaum möglich, eine ausführliche Vergleichung unserer Ablagerungen mit denjenigen anderer, betreffs des Schlammes verhältnismäßig gut erforschter Seen, auszuführen. Hier können wir nur folgende, nach meiner Meinung richtige, allgemeine Erwägungen aussprechen.

Es ist sicher, daß unsere Schlammablagerungen keine Dy-Ablagerungen darstellen. In sämtlichen 8 Proben konnte ich keine humi-

fizierten Komponenten feststellen. Es handelt sich hier jedenfalls nicht um einen Torfschlamm. In Domratschev's oben zitierter Arbeit (3, 1926, S. 395) sind einige Hinweise gegeben, daß dystrophes Wasser durch Flüsse (besonders durch Fluß Schelonj) aus der benachbarten, z. T. humusreichen Gegend, in den See selbst eingeführt werden kann. Leider haben wir noch keine genauere Bestimmungen der Wasserfarbe des Ilmen-Sees, und es ist noch unmöglich, seine Humositätsstufe im Sinne Utermöhl's (11, 1925) festzustellen. Es ist aber ganz sicher, daß unser See kein dystrophes Gewässer ist, was aus der Phytoplankton-Produktion ganz klar hervorgeht (die starke *Melosira*- und *Aphanizomenon*-Wasserblüte!). Daß unser See eutroph ist, habe ich schon oben erörtert.

Unsere Schlammproben können wir also nicht zu Dy-Ablagerungen rechnen. Wir können jedoch nicht behaupten, daß solche Ablagerungen gänzlich im Ilmen-See fehlen. Es ist möglich, daß an einigen Stellen des Litorals, und zwar an solchen Stellen, die unmittelbar den torfmoorigen Ufern anliegen (s. Domratschev 1926), die Schlammablagerungen daselbst sich mehr oder weniger der Dygyttja annähern.

Die von mir untersuchten Schlammproben der zentralen Region des Sees sind durch einige, spez. für Gyttja-Ablagerungen charakteristische organogene Komponenten gekennzeichnet. Es handelt sich hier vor allem um eine sehr merkliche Rolle der phytoplanktogenen Komponenten, was etwas an den „*Melosira*- *Stephanodiscus*-Typus" von Naumann erinnert, welchen Wesenberg-Lund (12, 1908) in einigen dänischen Seen gefunden hat. Es sei hier auch eine sehr ausgesprochene Beimischung von Kothallen erwähnt. Wichtig ist weiter, daß unsere Schlammablagerungen reich an koprogenem Detritus sind. Es ist deshalb am richtigsten, den organogenen Bestandteil der hier besprochenen Ablagerungen zu den Gyttja-ähnlichen Gebilden zu rechnen.

E. Naumann (C. cit. 6, 1921, S. 162) weist darauf hin, daß die Schlammablagerungen der Seen mit beträchtlichen Zuflüssen dadurch charakterisiert sind, daß „der eigentliche Faulschlamm hier meistenteils gegen die anorganischen Beimischungen zurücktritt", wobei letztere (hauptsächlich von allochtoner Natur) von grundlegender Bedeutung sind. Der Ilmen See stellt ein ausgezeichnetes Beispiel eines solchen Gewässers dar; die Zusammensetzung seiner Schlammablagerungen, in welchen minerale, und wahrscheinlich hauptsächlich allochtone Komponenten stark überwiegen, zwingt mich, diese Ablagerungen zu der von Naumann erwähnten Modifikation zu rechnen.

Zitierte Literatur.

1. D o m r a t s c h e v , P. F. Vorläufiger Bericht über die wissenschaftliche und fischereiwirtschaftliche Erforschung des Ilmen-Sees und des Wolchow-Flusses im Jahre 1923. (Russisch.) Forschungen zur Kenntnis des Wolchow-Flusses und seines Stromgebiets. Lief. III. 1924.
2. — Eine Dredge zu quantitativen Bodenuntersuchungen in seichteren Seen. Russ. Hydrob. Zeitschr. 3. Nr. 6—7. 1924. (Russisch.)
3. — Hydrologische Skizze des Ilmen-Sees. (Russisch mit deutscher Zusammenfassung.) Forschungen zur Kenntnis des Wolchow-Flusses und seines Stromgebiets. Lief. X. 1926.
4. E k m a n , S v. Die Bodenfauna des Vättern, qualitativ und quantitativ untersucht. Int. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. 7. 1915.
5. N a u m a n n , E. Undersökn. öfv. Fytoplankton och under den pelagiska Regionen försig. Gyttje- och dyhildningar inom vissa syd- och mellansvenska urbergsvatten. Kungl. Svenska Vet.-Akad. Handl. 56. Nr. 6. 1917.
6. — Die Bodenablagerungen des Süßwassers. Eine einführende Übersicht. Archiv für Hydrobiologie. 13. H. 1. 1921.
7. — See und Teich. Tiefe. Abderhalden's Handbuch der biol. Arbeitsmethoden. Abt. IX. Teil 2. 1 Hälfte. H. 1. 1923.
8. R y l o v , W. M. Das Plankton des Ilmen-Sees. (Russisch mit deutscher Zusammenfassung.) Forschungen zur Kenntnis des Wolchow-Flusses und seines Stromgebietes. Lief. X. 1926.
9. S c h n e i d e r , G. Der Obersee bei Reval. Archiv für Biontologie. 2. 1908.
10. S o k o l o v , N. N. Geomorphologische Skizze des Gebietes vom Wolchow-Fluß und Ilmen-Sees. (Russisch mit deutscher Zusammenfassung.) Forschungen zur Kenntnis des Wolchow-Flusses und seines Stromgebietes. Lief. VII. 1926.
11. U t e r m ö h l , H. Limnologische Phytoplanktonstudien. Die Besiedelung ostholsteinischer Seen mit Schwebepflanzen. Archiv für Hydrobiologie. Suppl.-Bd. V. 1925.
12. W e s e n b e r g - L u n d , C. Plankton-Investigation of the Danish Lakes. Gen. Part. Kjøbenhavn 1908.

Erklärung zu Taf. VI.

Fig. 1. Der feinere Siebrest, St. Nr. 2. Dominanz von Kotballen und Cladoceren-Schalen; spärliche Pflanzenfragmente. Vergr. ca. 22. W. Rylov photo.

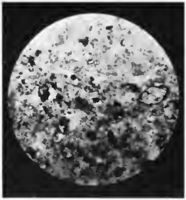
Fig. 2. Die Schlammprobe St. Nr. 7. Präparat in Kanadabalsam. Dominanz von mineralen Partikeln und von flockigem Detritus. Ziemlich viele Diatomeen-Panzer (*Melosira, Stephanodiscus astraea*; rechts *Surirella*). Vergr. ca. 125. W. Rylov photo.

Fig. 3. Der feinere Siebrest der Schlammprobe Nr. 37. Dominanz von gröberen Pflanzenfragmenten und von Mineralpartikeln (Sand). Eine *Bosmina*-Schale und einige Kotballen. Vergr. ca. 20. W. M. Rylov photo.

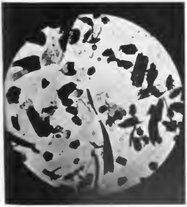
Fig. 4. Die Schlammprobe St. Nr. 37. Präparat in Kanadabalsam. Dominanz von gröberen Sand-Partikeln. Sonst einige Pflanzenfragmente und ein Panzer von Diatomeen. Vergr. 130. W. M. Rylov photo.



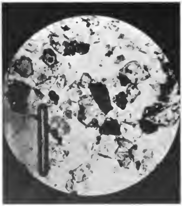
1



2



3



4

W. M. Rylov: Ueber die Schlammablagerungen des Ilmen-Sees.

ov, W. M.

Sonderabdruck aus dem Zool. Anzeiger. Bd. LXXVII, Heft 3/6, 1. 6. 28.
Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig.

. Über eine neue Epischura-Art aus dem fernen Osten (Epischura chankensis sp. nov.; Copepoda, Calanoida).

13

Von W. M. Rylov, Leningrad.
\us dem Zoologischen Museum der Akademie der Wissenschaften U.S.S.R).

(Mit 13 Abbildungen.)

Eingeg. 13. März 1928.

Es ist bekannt, daß die Gattung *Epischura* Forbes vor allem ır die Neue Welt charakteristisch ist. Unter den fünf[1] bisher ekannten *Epischura*-Arten (s. unten) sind vier streng nearktisch nd nur eine Art (*Ep. baicalensis* Sars) wurde in Asien (also paläırktisch), und zwar im Baikalsee vorgefunden[2].

Nun habe ich in der letzten Zeit noch eine *Epischura*-Art us Asien entdeckt. Das von mir untersuchte Material wurde im 'hankasee während der Expedition (1927) des Zoologischen luseums der russischen Akademie der Wissenschaften nach dem ernen Osten (Ussuri-Gebiet) gesammelt. Aus den 10 diesem See ntnommenen Planktonproben habe ich diese *Epischura*-Art in Proben, und größtenteils in sehr großer Menge konstatiert; für as Plankton dieses Sees ist die hier erwähnte Art überaus charakeristisch und zusammen mit *Boeckella orientalis* Sars stellt sie den lauptteil des Copepodenbestandes des Sees dar.

Da der Fund einer neuen *Epischura*-Art im paläarktischen ebiete zweifelsohne von einem ganz besonderen zoogeographichen Interesse ist, so möchte ich hier die neue Art möglichst enau beschreiben[3].

Fundort. Der Chankasee liegt bei 45° n. Br. und 132 bis 33° ö. L. (ca. 200 km nach Norden von der Stadt Wladiwostok) ınd stellt den größten See des fernen Ostens dar. Er ist ca. 70 km reit und ca. 90 km lang. Der See ist auf jeder geographischen Karte bezeichnet. Obwohl der Chankasee überaus groß ist, hat r eine nur sehr geringe Tiefe, größtenteils nur ca. 1,5—2 m; nur m westlichen Teil ist eine Tiefe von ca. 10 m bekannt, welche ur auf ein sehr kleines Areal des Sees beschränkt ist. Die Ufer ind hauptsächlich flach. Die durch den Wind verursachten, oft ehr gewaltigen Wellenbewegungen bilden eine sehr gewöhnliche

[1] Die zu *Epischura* nahestehende Gattung *Lamellipodia* Schmeil ist uch aus Nordamerika bekannt (Alabama).

[2] Über die geographische Verbreitung von *Epischura*-Arten siehe vor llem bei A. Tollinger (1911) und V. Brehm (1927).

[3] Eine eingehende Beschreibung gebe ich in meiner russischen Arbeit iber die Copepoden-Fauna des Ussuri-Gebietes, welche jetzt in Vorbereiung ist.

Erscheinung. Sowohl hydrologisch als auch biologisch ist der Chankasee noch sehr wenig erforscht. Nach den Angaben der obengenannten Expedition war das Wasser am 10. VII. und 16. VII. schwach alkalisch (p. H. = 7,7; Oberfläche). Die während der Expedition gemessenen Temperaturen der Oberfläche schwankten zwischen 21,3—31,2° C (10. VII. bis 18. VII.). Wahrscheinlich ist, daß in produktionsbiologischer Hinsicht der Chankasee mehr oder weniger entroph (im weiteren Sinne des Wortes) sein soll. Ich möchte hier bemerken, daß nach Untersuchungen der Planktonproben das Wasser des Chankasees im Sommer infolge der massenhaften Entwicklung von Schizophyceen stark gefärbt ist. Herr Dr. P. Reswoj, einer der Teilnehmer der genannten Expedition, hat mir mitgeteilt, daß er im Juli 1927 im südlichen Teile des Sees eine gewaltige Wasserblüte beobachtet hatte. Die Sichttiefe am 10. und 16. VII. war nur 15—20 cm; im Chankasee wird diese nicht nur durch Phytoplankton, sondern auch (und zwar sehr stark) durch massenhaftes Auftreten des organischen und mineralen, vom Boden getrübten Triptons verursacht.

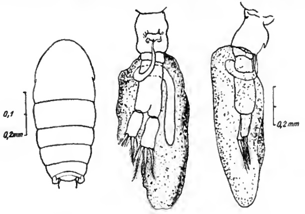
Das Weibchen (Abb. 1—7).

Der Cephalothorax (Abb. 1) besteht aus 6 deutlich getrennten Segmenten, einem solchen von *Epischura baicalensis* sehr ähnlich, aber etwas mehr verkürzt als bei der Sarsschen Art. Die Länge des Cephalothorax übertrifft seine größte Breite ca. $2^1/_4$ bis $2^1/_3$mal. Das letzte Ceph.-Segment sehr kurz, mit kleinen, abgerundeten und ganz unbewaffneten Flügeln, welche nur sehr unbedeutend nach hinten gerichtet sind; bei unserer Art sind diese Flügel merklich kürzer als bei *Ep. baicalensis*.

Das Genitalsegment (Abb. 2—3) sehr voluminös, im vorderen Abschnitt etwas erweitert. Seine Länge fast $2^1/_2$mal größer als seine größte Breite. Das 2. Abd.-Segment sehr kurz und breit. Das 3. Abd.-Segment überaus groß, schwach asymmetrisch, wobei seine rechte Seite etwas weniger entwickelt ist als seine linke Seite. Die Länge des 3. Abd.-Segments übertrifft fast $2^1/_2$mal seine größte Breite. Die Kaudalzweige sind stark asymmetrisch gebaut (Abb. 2—3). Der rechte Zweig ist deutlich kürzer als der linke. Die drei Endborsten der Kaudalzweige sind kurz und fein gefiedert. Bei den von mir untersuchten Weibchen (viele Hunderte) waren entweder sämtliche drei Borsten oder eine (bzw. zwei) von ihnen sehr oft abgebrochen. An der hinteren inneren Ecke jedes Zweiges ist eine kleine, dünnere, ungefiederte

Borste inseriert; die hintere äußere Ecke ist mit einem minutiösen Dörnchen bewaffnet.

Die Vorderantennen sind 25gliedrig und reichen zurückgeschlagen bis zur Mitte oder bis zum Ende des hinteren Abd.-Segments. Der Bau und die Bewehrung der II. Antennen, Mandibeln, Maxillen und Maxillarfüßchen sind mit solchen von *Ep. baicalensis* identisch. Einige Abweichungen von den Sarsschen Abbildungen (Sars 1900 Taf. VI Fig. 5—6) habe ich in der Bewehrung der Hinterantennen und des Palpus mandibularis gefunden. Wie aus unseren Abb. 4 und 5 ersichtlich ist, ist das erste



1 2 3

Abb. 1—3. *Epischura chankensis* spec. nov.

Abb. 1. Cephalothorax des Weibchens. Abb. 2. Abdomen des Weibchens (Ventralansicht). Abb. 3. Dasselbe, von rechts gesehen.

Glied des Exp. der Hinterantennen (Abb. 4) mit einer Borste versehen, welche auf der Sarsschen Fig. 5 (l. c.) fehlt. Das große basale Glied des Palpus mandibularis (Abb. 5) ist bei *Ep. chankensis* mit drei gefiederten Borsten bewaffnet (bei der Sarsschen Fig. 6 ist nur eine Borste gezeichnet). Ich habe ein reiches Material aus dem Baikalsee, betreffend *Ep. baicalensis*, untersucht. Es ergab sich dabei, daß die oben zitierten Abbildungen von Sars unrichtig gezeichnet sind und daß die Bewehrung der Hinterantennen und der Mandibularpalpen, welche ich bei *Ep. chankensis* gefunden habe, auch bei *Ep. baicalensis* vorhanden ist. Nur das erste Glied des Enp. der Hinterantennen ist bei *Ep. chankensis* stets etwas breiter und kürzer als bei *Ep. baicalensis*.

Der Bau und die Bewehrung der I. bis IV. Fußpaare ist solchem von *Ep. baicalensis* sehr ähnlich. Auf der Abb. 6 ist das Bein des I. Paares gezeichnet.

Das V. Fußpaar des Weibchens (Abb. 7). Basalia I des rechten und linken Fußes sind verschmolzen. Basale II kurz und breit, fast quadratisch. Exp. I ziemlich lang, etwas nach hinten erweitert, an der äußeren hinteren Ecke mit einem starken Dorn bewaffnet. Exp. II überaus kurz und breit; seine Länge ist $1^1/_2$mal so groß als seine Breite. Im distalen Abschnitt trägt Exp. II drei kurze und starke Dornen: einen am Ende des Gliedes und je einen beiderseits im hinteren Drittel des inneren und des äußeren Randes.

Länge des Weibchens (mit Kaudalborsten): 1,1—1,15 mm, Länge des Cephalothorax: 0,65—0,75 mm.

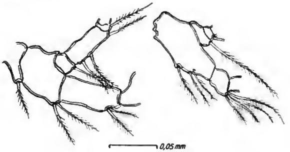
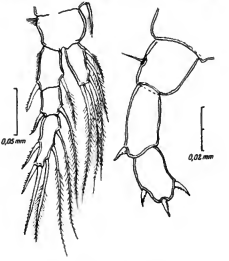
5  4

Abb. 4 und 5. *Epischura chankensis* spec. nov., ♀.
Abb. 4. Hinterantenne. Fig. 5. Palpus mandibularis.

Die Weibchen der betreffenden Art tragen einen sehr eigentümlichen plattenförmigen Anhang (Abb. 2—3). Er stellt eine dünne Chitinplatte dar, welche die Dorsalfläche und beide Seiten des Abdomens bedeckt. Diese Platte wird am hinteren Ende des Genitalsegments befestigt und reicht weit nach hinten, wobei der linke Kaudalzweig (mit Kaudalborsten zusammen) fast ganz bedeckt wird (nur die innere Borste ragt etwas nach hinten hervor). Rechts ist diese Platte etwas verkürzt und reicht hinten bis zum Ende des rechten Kaudalzweiges. In der Regel ist die Platte mit verschiedenen Triptonpartikeln mehr oder weniger dicht bedeckt. Auch einige kleine planktische Algen vom Nanno-Typus habe ich hier oft gefunden.

Einen ähnlichen plattenförmigen Anhang finden wir auch bei ♀♀ *Epischura baicalensis* (Sars l. c. 1900 Taf. VI Fig. 1—4;

large hyaline plate«), wo er aber merklich kleiner und kürzer ist, ine ganz andere Form hat und in der Mitte des Genitalsegments nseriert wird. Nach den Literaturangaben fehlt dieser Anhang ei sämtlichen anderen *Epischura*-Arten. Er ist also nur für *Sp. baicalensis* und *Ep. chankensis* mihi charakteristisch. Es ist ekannt, daß eine ähnliche Platte auch für die marine Gattung[1] *Paracartia* (*P. grani* Sars) charakteristisch ist (Sars 1904 S. 7 Taf. I Fig. 1, 2, 4, 6). Sars (l. c.) hat gezeigt, daß diese Platte zum Genitalsegment zusammen mit Spermatophore befestigt wird und also kein selbständiger speziell weiblicher Anhang st. Ich möchte bemerken, daß sämtliche (viele Hunderte) geschlechtsreife Weibchen von *Ep. chankensis* mit der genannten Platte ausgerüstet waren und daß bei jungen Weibchen dieselbe niemals gefunden wurde.



6 7

Abb. 6 und 7. *Epischura chankensis* spec. nov., ♀. Abb. 6. I. Bein. Abb. 7. V. Bein.

Fast sämtliche von mir untersuchten reifen ♀♀ von *Ep. chankensis* tragen eine (und nur eine) eigentümlich gekrümmte Spermatophore; ihre Lage auf dem Genitalsegment und ihre Form ist aus der beigegebenen Abb. 2—3 gut ersichtlich. Bei *Ep. baicalensis* Sars ist die Spermatophore viel kürzer und weniger stark gekrümmt. Auch bei *Ep. lacustris* Forbes und *Ep. nevadensis* Lill., wie das aus diesbezüglichen Angaben folgt (Marsh 1895 Taf. III Fig. 5, Guerne et Richard 1889 S. 146), ist die Spermatophore anders als bei unserer Art gebaut. Soviel ich weiß, fehlen diesbezügliche Angaben betreffs *Ep. massachusettsensis* Pearse und

[1] Eine ähnliche Platte ist auch für marine *Acartia verrucosa* Thompson bekannt (s. Sars l. c. 1904 S. 7).

Lamellipodia fluviatilis (Herrick). Die Angaben für *Ep. nordenskioldi* Lill.[5] sind noch ungenügend, um einen Vergleich mit Spermatophoren von *Ep. chankensis* zu gestatten.

Das Männchen (Abb. 8—13).

Der Cephalothorax besteht aus 6 scharf getrennten Segmenten. Das hintere Segment ist ähnlich wie beim ♀ gebaut, die seitlichen Flügel sind aber etwas kürzer.

Das Abdomen (Abb. 8) 5gliedrig, asymmetrisch. Das I. und II. Abd.-Segment ist rechts stark nach außen gewölbt. Das III. und

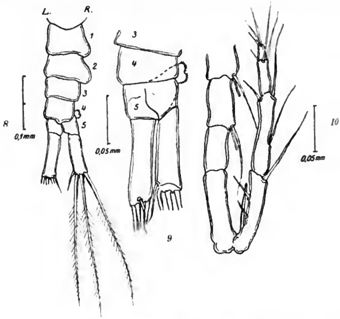


Abb. 8—10. *Epischura chankensis* spec. nov., ♂.
Abb. 8. Abdomen mit Kaudalzweigen. Abb. 9. Hinterer Abschnitt des Abdomens. Abb. 10. Distaler Abschnitt der genikulierenden Antenne.

IV. Abd.-Segment ohne jeglichen Vorsprung. Das V. Abd.-Segment ist an der Ventralseite mit einem cuticularen, rechts stark hervorragenden und am Ende mit sehr kurzen Dörnchen besetzten Vor-

[5] »Spermatophore courbé en demicercle autour de l'Abdomen«. Guerne et Richard l. c. 1889 S. 148.

sprung versehen (Abb. 9). Dieses eigenartige Gebilde finden wir auch am V. Abd.-Segment von *Ep. baicalensis* Sars.

Die Kaudalzweige sind verlängert, deutlich länger als bei ♀♀, asymmetrisch. Der rechte Zweig merklich kürzer als der linke. Jeder Zweig trägt am distalen Ende drei lange, gefiederte Borsten und ist an der inneren distalen Ecke mit je einem kurzen, ungefiederten Börstchen bewaffnet. Fast bei sämtlichen Männchen ist das Abdomen etwas nach rechts und ventralwärts gekrümmt.

Die genikulierende Antenne (Abb. 10) 23gliedrig; die drei letzten Glieder sind nur mit gewöhnlichen Borsten versehen.

Antennen II, Mandibeln, Maxillen, Maxillarfüße und Schwimmfüße sind ähnlich wie beim Weibchen gebaut und bewaffnet.

V. Fußpaar (Abb. 11): Basalia I der rechten und der linken Seite sind zusammengeschmolzen. — Der rechte Fuß: Basale II voluminös und kurz, mit einem großen, dicken und im distalen Abschnitt etwas angeschwollenen, nach innen gerichteten Vorsprung versehen. Das Exopodit wird durch einen sehr langen, stark innenwärts gebogenen, ungegliederten Anhang repräsentiert, welcher ganz unbewaffnet ist. Der linke Fuß: Basale II verlängert, im vorderen Abschnitt erweitert. Innenwärts trägt das Basale II einen sehr langen, nach hinten gerichteten und am Ende etwas verschmälerten Vorsprung, welcher auch ganz unbewehrt ist. Das Exp. besteht aus zwei scharf getrennten Gliedern. Das erste Glied ist verlängert und entbehrt der Haare und Dornen. Das zweite Glied ist kurz; seine Länge ist fast 2mal so groß als seine Breite. Am Ende ist das Exp. II abgerundet und mit einer Reihe von kurzen, dünnen Haaren besetzt.

Länge des Männchens (mit Kaudalborsten): 1—1,1 mm. Länge des Cephalothorax: 0,55—0,6 mm, seine größte Breite: ca. 0,25 mm.

Einige Angaben über die postembryonale Entwicklung des V. Fußes bei Männchen von *Epischura chankensis* mihi.

Schon O. Schmeil (1896, 1898) hat behauptet, daß der Vorsprung am Basale II des linken Fußes bei *Epischura* ♂ ein wirkliches Endopodit darstellt. Diese Meinung wird durch Marsh' (1900) Untersuchungen durchaus bestätigt. Ich selbst habe viele Exemplare von jungen ♂♂ *Ep. chankensis* durchmustert und es hat sich erwiesen, daß die postembryonale Entwicklung der Männchen dieser Art einer solchen von *Ep. lacustris* (nach Marshs' Unter-

suchungen) ähnlich ist. Unsere Abb. 12 stellt das V. Fußpaar eines jungen ♂ *Ep. chankensis* mit dreigliedrigem Abdomen dar. Beide Exopodite sind noch eingliedrig. Beide Basalia II sind mit Vorsprüngen versehen. Dieses Bild stimmt vollkommen mit der Fig. 1 Taf. XIII bei Marsh (1900; Larve von *Ep. lacustris* mit dreigliedrigem Abdomen) überein. Der kurze Vorsprung am BasaleII des rechten Fußes soll demgemäß auch hier als Endopodit betrachtet werden, und Marsh war im vollen Recht, als er schrieb:

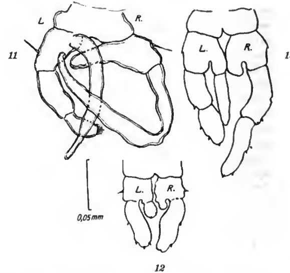


Abb. 11—13. *Epischura chankensis* spec. nov.
Abb. 11. V. Fußpaar eines geschlechtsreifen Männchens. Abb. 12. V. Fußpaar eines jungen Männchens mit dreigliedrigem Abdomen. Abb. 13. Dasselbe beim jungen Männchen mit viergliedrigem Abdomen.

»The right foot consists of a basal segment, a one-segmented exopodite, and a process on the basal segment which apparently represents an endopodite« (Marsh 1900 S. 546).

Unsere Abb. 13 stellt das V. Fußpaar eines Männchens mit 4gliedrigem Abdomen dar. Die Unterschiede zwischen dem rechten und dem linken Fuß sind hier schon stark markiert. Beim linken Fuß ist das Endopodit schon deutlich verlängert. Sowohl das Exopodit des linken Fußes als auch das Exopodit des rechten Fußes sind 2gliedrig, wobei das letztere stark verlängert ist.

Das Endopodit des rechten Fußes ist aber sehr kurz, kaum länger als beim Männchen mit 3gliedrigem Abdomen.

Im allgemeinen erinnert unsere Abb. 13 an die Abb. 3 Taf. XIII bei Marsh (l. c.). Bei *Ep. lacustris* jedoch verschwindet das Endopodit des rechten Fußes schon auf diesem Stadium, während bei *Ep. chankensis* es sich weiterentwickelt und dann in den oben erwähnten Vorsprung des zweiten Basalgliedes des rechten Fußes verwandelt wird. Hier besteht also eine Verschiedenheit in der postembryonalen Entwicklung beider Arten.

Die weitere Entwicklung des V. Fußpaares besteht darin, daß beide Glieder des Exopodits des rechten Fußes verschmelzen und einen langen, stark gekrümmten Anhang bilden, was auch bei *Ep. lacustris* stattfindet.

Es sei noch bemerkt, daß die Exopoditen der jungen Männchen (mit 3- und 4gliedrigem Abdomen) von *Ep. chankensis* mit kleinen Dörnchen bewaffnet (Abb. 12—13) sind, welche am Exopodit des rechten und des linken Fußes bei weiterer Entwicklung verschwinden. Die für die *Epischura lacustris* (auch für *Ep. nordenskioldi*, *Ep. nevadensis*) charakteristische Behaarung an der Innenseite des Exp. II des linken Fußes wird später ausgebildet. Dasselbe gilt auch für die feinere Behaarung am Ende des Exp. II des linken Fußes von *Epischura chankensis*.

Vergleich mit den anderen *Epischura*-Arten.

Es sind bisher fünf *Epischura*-Arten bekannt. Kurz gefaßt, unterscheidet sich unsere neue Art von der anderen hauptsächlich durch folgende Merkmale:

Von *Ep. baicalensis* Sars (1900). Das Weibchen. Die Flügel des hinteren Ceph.-Segments sind bei unserer Art viel kürzer als bei *Ep. baicalensis*. Das hintere Abd.-Segment ist bei unserer Art länger als bei letzterer. Dann unterscheidet sich *Ep. chankensis* sehr leicht durch Asymmetrie der Kaudalzweige (linker Zweig länger als rechter) und durch die Größe und Gestalt des plattenförmigen Anhangs (s. oben). Endlich möchte ich auf sehr große Verschiedenheiten im Bau und in der Bewehrung des V. Fußes hinweisen. Auch die Spermatophoren beider Arten sind ungleich. Die Männchen beider Arten sind vor allem durch den Bau des V. Fußpaares gekennzeichnet.

Von *Ep. lacustris* Forbes (1882) unterscheiden sich die Weibchen unserer Art durch die Anwesenheit der Flügel am hinteren Ceph.-Segment (fehlen bei *Ep. lacustris*), durch die Abwesenheit

des Vorsprungs am Genitalsegment, welcher bei *Ep. lacustris* hinten vorhanden ist, durch die Bewehrung der Kaudalzweige und durch den Bau und die Bewaffnung des V. Fußpaares (bei *Ep. lacustris* 6 Dornen am Exp. II). Die Männchen beider Arten unterscheiden sich leicht schon durch den Bau des Abdomens. Das V. Fußpaar ist bei unserer Art scharf von dem der *Ep. lacustris* abweichend. Das Exp. des linken Fußes ist bei der letzteren Art stark behaart und trägt am Ende zwei Dörnchen; das Enp. ist kürzer; Enp. am rechten Fuß fehlt gänzlich, Exp. überaus kurz. Auch die Spermatophoren beider Arten sind sehr verschieden (s. Marsh 1895 Taf. III Fig. 5).

Von *Ep. nordenskioldi* Lilljeborg (1889)[6] unterscheiden sich die Weihchen unserer Art durch die Asymmetrie der Kaudalzweige (bei *Ep. nordenskioldi* sind diese gleichlang; s. Schacht 1898 S. 253, Guerne et Richard 1889 S. 147) und durch den Bau und die Bewehrung des V. Fußpaares (bei *Ep. nordenskioldi* sehr verlängerte Füßchen, mit 4 Dornen am Ende des Exp. II). Die Männchen beider Arten unterscheiden sich durch die Vorsprünge des II. und III. Abd.-Segments (bei *Ep. nordenskioldi* verlängert), durch die Länge der Kaudalzweige (bei *Ep. nordenskioldi* kurz und nur schwach asymmetrisch) und durch den Bau und die Bewehrung des V. Fußpaares (bei *Ep. nordenskioldi* Exp. II des linken Fußes ist behaart und mit 4 Dörnchen versehen, Enp. viel kürzer als bei unserer Art, Basale II des rechten Fußes verlängert. Enp. sehr kurz und dünn).

Von *Ep. nevadensis* Lilljeborg (1889). Die Weibchen unserer Art unterscheiden sich durch die Flügel des hinteren Ceph.-Segments, durch ungleich lange Kaudalzweige und durch den Bau und die Bewehrung des V. Fußpaares (Exp. II bei *Ep. nevadensis* trägt 6 Dornen, Exp. I trägt zwei[7] kleine Dörnchen). Die Männchen beider Arten unterscheiden sich vor allem durch den Bau und die Bewehrung des V. Fußpaares. Exp. II des linken Fußes ist bei *Ep. nevadensis* behaart und mit 4 Dörnchen besetzt; Enp. gröber und kürzer als bei *Ep. chankensis*. Basale II des rechten Fußes ist bei der amerikanischen Art sehr verlängert und verschmälert, Exp. sehr verkürzt und Basale II trägt einen platten-

[6] Die beste Beschreibung (leider ohne Abbildungen!) der *Ep. nordenskioldi* hat Schacht (1898 S. 252—255) gegeben; sie wurde nach Originalexemplaren von Lilljeborg gemacht.

[7] Das Exp. I bei *Ep. nevadensis* kann auch mit einem Dörnchen versehen sein (s. bei Schacht l. c. 1898 S. 258).

örmigen Anhang (»hyaline plate« nach Schachts Terminologie, . c. S. 258). Ich möchte noch bemerken, daß nach der Beschreibung in »Révision des Calamides« (Guerne et Richard 1889 S. 146) die Spermatophoren der *Ep. nevadensis* kurz und nur schwach gekrümmt sind.

Soviel ich weiß, sind es bis jetzt nur Weibchen von *Ep. massachusettsensis* Pearse (1906) bekannt. Von den Weibchen unserer neuen Art unterscheiden sie sich durch die Abwesenheit der Flügel am hinteren Abd.-Segment, durch die gleich langen Kaudalzweige, welche an der äußeren hinteren Ecke mit gefiederten Börstchen bewaffnet sind, und durch den Bau und die Bewehrung des V. Fußpaares (Exp. II lang, mit 7 Dornen).

Die leider noch nicht genügend beschriebene *Lamellipodia fluviatilis* (Herrick) (früher = *Epischura fluviatilis*) unterscheidet sich von unserer Art sehr deutlich durch die eigentümliche Bewehrung des II. Abd.-Segments des Männchens (trägt einen zweiteiligen Anhang, der bei sämtlichen Arten von *Epischura* s. str. überhaupt fehlt) und durch das ganz besonders gebaute und bewehrte V. Fußpaar beider Geschlechter (und vor allem des Männchens).

Ich möchte hier noch auf die Körperlänge der oben erwähnten Arten hinweisen:

	♀		♂	
Epischura baicalensis Sars . . .	1,5	mm	1,20 mm	(n. Sars).
„ *lacustris* Forbes . . .	1,784	„	1,376 „	(n. Schacht;
	♀ 1,4—1,5	„	nach Guerne et Richard).	
„ *nordenskioldi* Lill.[8] . .	1,9	„	1,1 mm	(n. Schacht).
„ *nevadensis* Lill.	2—2,5	„	1,7—2,1 „	(n. Schacht).
„ *massachusettsensis* Pearse	2,04—2,81	„	♂ unbekannt	(n. Pearse).
Lamellipodia fluviatilis (Herrick).	»Length about 1,103 mm« (Schacht l. c., nach Herrick zitiert; wahrscheinlich ♂ ?).			

Aus diesen Messungen geht hervor, daß *Ep. chankensis*, abgesehen von *Lamellipodia fluviatilis*, die kleinste Art ist.

Es ist ja kaum zu bezweifeln, daß unsere Art morphologisch am nächsten zur *Ep. baicalensis* steht. Beide Arten stellen eine morphologisch gut abgetrennte Gruppe dar, die sich von den amerikanischen *Epischura*-Arten durch eine Reihe von verschiedenen Merkmalen unterscheidet. Ich möchte besonders folgende wichtige Merkmale hervorheben:

[8] Die Angaben bei Guerne et Richard (1889 S. 147) sind zweifelsohne unrichtig (♀ 2,9 mm! S. bei Schacht 1898 Anm. S. 254).

1. Geringere Körperlänge des Weibchens.
2. Die Anwesenheit des oben beschriebenen plattenförmigen Anhangs, der am Weibchen befestigt wird.
3. Die vereinfachte Bewehrung des Exp. II des V. Fußpaares des Weibchens. Bei verschiedenen *Epischura*-Arten ist dieselbe die folgende: *Ep. baicalensis*: 4 Dorne, *Ep. chankensis*: 3 Dorne, *Ep. lacustris*: 6 Dorne[9], *Ep. nevadensis*: 6 Dorne[10], *Ep. nordenskioldi*: 5—6 Dorne, *Ep. massachusettsensis*: 7 Dorne[11].
4. Die vereinfachte Bewehrung des Exp. II des linken Fußes des Männchens (V. Fußpaar). Bei amerikanischen Arten ist dieses Glied am Innenrand mit einer Reihe von kleinen Haaren besetzt und dazu mit einigen kleinen Dörnchen am Ende und am Außenrande bewaffnet. Die Männchen der *Ep. massachusettsensis* sind noch unbekannt. Wahrscheinlich wird auch hier das Exp. II des linken V. Fußes behaart und bedornt sein.

Es geht also hervor, daß beide *Epischura*-Arten der Alten Welt vor allem durch Reduktionsmerkmale gekennzeichnet sind. Es wäre interessant zu erfahren, ob diese Reduktionserscheinung in der Bewehrung auch für andere Extremitäten gilt. Dazu haben wir noch kein hinreichendes Material, da die nearktischen *Epischura*-Arten betreffs des Baues und der Bewehrung der anderen Gliedmaßen noch sehr ungenügend erforscht sind.

Literatur.

Brehm, V., »Copepoda« im Handbuch der Zoologie, gegr. von W. Kükenthal, herausgeg. von Dr. Th. Krumbach, 1927 Bd. III Lfg. IV.

Guerne, J., et Richard, J., Révision des Calanides d'eau douce. Mém. Soc. Zool. de France 1889 t. II.

Marsh, C. D., On the Cyclopidae and Calañidae of Lake St. Clair, Lake Michigan and certain of the inland Lakes of Michigan. Bull. of the Michigan Fish Comm. 1895 Nr. 5.

— On some points in the structure of the larva of Epischura lacustris Forbes. Trans. Wisconsin Acad. Sc. Arts and Letters 1900 Vol. XII.

Pearse, A. S., Fresh-water Copepoda of Massachusetts. Amer. Naturalist 1906 Vol. XL.

Sars, G. O., On Epischura baicalensis, a new Calanoid from Baikal Lake. Ann. du Mus. Zool. de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Pétersbourg 1900 t. V.

— Description of Paracartia grani G. O. Sars, a peculiar Calanoid occurring in some of the Oyster-beds of Western Norway. Bergens Museums Aarbog 1904 (Nr. 4).

---

[9] Nach Schachts Beschreibung (1898 S. 262) mit 7 Dornen.

[10] Nach Schachts Beschreibung (1898 S. 258) gelegentlich auch mit 7 Dornen.

[11] Bei *Lamellipodia fluviatilis* ist das betreffende Glied des V. Fußes des Weibchens nur mit 2 Dornen bewaffnet.

:hacht, W. F., The North American Centropagidae belonging to the genera Osphranticum, Limnocalanus, and Epischura. Bull. of the Illinois State Labor. of Nat. Hist., Urbana, Illinois, 1898 Vol. V.

:hmeil, O., Deutschlands freilebende Süßwasser-Copepoden. Teil III: Centropagidae. Bibl. zoologica 1896 Heft 21.

(und Giesbrecht, W.), Copepoda. I. Gymnoplea. Das Tierreich 1898 Lfg. 6.

ollinger, M. A., Die geographische Verbreitung der Diaptomiden. Zoolog. Jahrb., Abt. Syst., 1911 Bd. XXX.